

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of :
Tokio MIYASITA :
Serial No.: [NEW] : Mail Stop Patent Application
Filed: February 9, 2004 : Attorney Docket No. OKI.642
For: DRIVING APPARATUS OF A LIGHT-EMITTING DEVICE

CLAIM OF PRIORITY

U.S. Patent and Trademark Office
2011 South Clark Place
Customer Window, Mail Stop Patent Application
Crystal Plaza Two, Lobby, Room 1B03
Arlington, VA 22202

Sir:

Applicant, in the above-identified application, hereby claims the priority date under the International Convention of the following Japanese application:

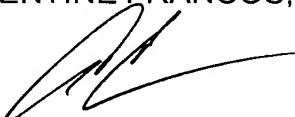
Appln. No. 2003-198030 filed July 16, 2003

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC


Adam C. Volentine
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150
Reston, Virginia 20191
Tel. (703) 715-0870
Fax. (703) 715-0877

Date: February 9, 2004



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 8 0 3 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 9 8 0 3 0]

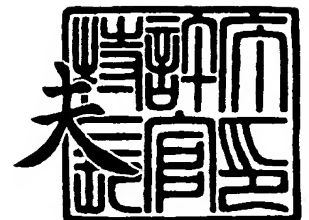
出 願 人 沖電気工業株式会社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 0 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 0 0 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 KT000449

【提出日】 平成15年 7月16日

【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿

【国際特許分類】 H04B 10/26
H01S 5/042

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会
社内

【氏名】 宮下 時男

【特許出願人】

【識別番号】 000000295

【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095957

【弁理士】

【氏名又は名称】 亀谷 美明

【電話番号】 03-5919-3808

【選任した代理人】

【識別番号】 100096389

【弁理士】

【氏名又は名称】 金本 哲男

【電話番号】 03-3226-6631

【選任した代理人】

【識別番号】 100101557

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩原 康司

【電話番号】 03-3226-6631

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707549

【包括委任状番号】 9707550

【包括委任状番号】 9707551

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 発光素子駆動装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置であって、

前記発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

前記電流電圧変換部から出力される電圧信号の交流成分を増幅して、交流増幅信号を出力する交流結合増幅部と、

前記交流増幅信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第 1 の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第 2 の検出回路と、

第 1 の基準電圧を発生する第 1 の基準電圧回路と、

前記第 1 の検出回路の出力電圧と前記第 2 の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第 1 の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第 1 の演算部と、

前記第 1 の演算部の演算結果に応じた第 1 の直流電流を出力する第 1 の直流電流出力部と、

前記第 1 の直流電流を前記送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、

バイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項 2】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置であって、

前記発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光

素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

前記電流電圧変換部から出力される電圧信号の交流成分を増幅して、交流増幅信号を出力する交流結合増幅部と、

前記交流増幅信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、

第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧と前記第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、

前記第1の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、

前記送信パルス信号に応じたパルス電流を前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項3】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置であって、

前記発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

前記電流電圧変換部から出力される電圧信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力増幅部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、

第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧と前記第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、

第2の基準電圧を発生する第2の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧または前記第2の検出回路の出力電圧と前記第2の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第2の演算部と、

前記第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、

前記第1の直流電流を前記送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、

前記第2の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項4】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置であって、

前記発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

第3の基準電圧を発生する第3の基準電圧回路と、

前記電流電圧変換部から出力される電圧信号と、前記第3の基準電圧との電位差を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、

第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧と前記第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部

と、

前記第 1 の演算部の演算結果に応じた第 1 の直流電流を出力する第 1 の直流電流出力部と、

前記第 1 の直流電流を前記送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、

バイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項 5】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置であって、

発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

第 3 の基準電圧を発生する第 3 の基準電圧回路と、

前記電流電圧変換部から出力される電圧信号と、前記第 3 の基準電圧との電位差を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第 1 の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第 2 の検出回路と、

第 1 の基準電圧を発生する第 1 の基準電圧回路と、

前記第 1 の検出回路の出力電圧と前記第 2 の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第 1 の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第 1 の演算部と、

前記第 1 の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、

前記送信パルス信号に応じたパルス電流を前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項 6】 発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させ

る発光素子駆動装置であって、

前記発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、

前記受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、

第3の基準電圧を発生する第3の基準電圧回路と、

一方の入力端に前記電流電圧変換部から出力される電圧信号が入力され、他方の入力端に前記第3の基準電圧が入力され、正相出力端から正相電圧信号を出力し、逆相出力端から逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、

前記正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、

前記逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、

第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧と前記第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と前記第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、

第2の基準電圧を発生する第2の基準電圧回路と、

前記第1の検出回路の出力電圧または前記第2の検出回路の出力電圧と前記第2の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第2の演算部と、

前記第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、

前記第1の直流電流を前記送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して前記発光素子に供給するパルス電流出力部と、

前記第2の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を前記発光素子に供給するバイアス電流出力部と、を備えたことを特徴とする、発光素子駆動装置。

【請求項7】 前記第3の基準電圧は、前記発光素子が光を出射していないときの、前記電流電圧変換部から出力される電圧信号の電位に調整されることを特徴とする、請求項4、5、または6に記載の発光素子駆動装置。

【請求項8】 前記第1の演算部は、第1の時定数回路を備えることを特徴

とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, または 7 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 9】 前記第 1 の演算部は、第 1 の時定数回路を備え、前記第 2 の演算部は、第 2 の時定数回路を備えることを特徴とする、請求項 3 または 6 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 10】 第 2 のバイアス電流を前記発光素子に供給する第 2 のバイアス電流出力部を備えたことを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, または 9 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 11】 前記交流結合増幅部の増幅率は、外部から調整が可能であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 12】 前記差動出力増幅部または前記差動入力差動出力増幅部の増幅率は、外部から調整が可能であることを特徴とする、請求項 3, 4, 5, 6, 7, または 9 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 13】 前記第 1 の演算部による演算結果が所定値を超えたことを検出する第 1 の検出部を備えたことを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, または 12 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 14】 第 1 の直流電流の値が所定値を超えたことを検出する第 2 の検出部を備えたことを特徴とする、請求項 1, 3, 4, または 6 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 15】 バイアス電流の値が所定値を超えたことを検出する、第 3 の検出部を備えたことを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, または 12 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 16】 第 2 の演算部による演算結果が所定値を超えたことを検出する、第 4 の検出部を備えたことを特徴とする、請求項 3 または 6 に記載の発光素子駆動装置。

【請求項 17】 前記パルス電流出力部と前記バイアス電流出力部とに流れる電流の和が所定値を超えたことを検出する、第 5 の検出部を備えたことを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, または 12 に記載の発光素子駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光素子駆動装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、通信回線を介した信号の伝送には、大容量化、高速化に有利な光信号が用いられている。例えば、コンピュータ、電話等の各種情報機器から出力された電気信号は、光通信装置において光信号に変換され、光通信回線へ送出される。そして、この光通信装置が備える光電変換素子としては、周波数応答が極めて高く、小型化が容易なレーザーダイオード（LD）の採用が盛んである。

【0003】

安定した光通信を行うためには、レーザーダイオードの光出力を常時監視し、その駆動を制御する必要がある。一般的に、光通信用のレーザーダイオードには、駆動電流を自動的に調整するための光帰還回路が付加される。この光帰還回路は、例えば、レーザーダイオードの後方光（光出力）をモニタするフォトダイオード、このフォトダイオードの出力電流を電圧に変換する電流電圧変換回路、オペアンプ部、および基準電圧回路部等から構成される。このような回路は、レーザーダイオードの光出力を自動的に安定化させることから、APC（Automatic Power Control）回路と呼ばれている。

【0004】

下記の特許文献1、特許文献2、および特許文献3には、APC回路を備えた光通信装置が開示されている。

【0005】

【特許文献1】

特開平6-232917号公報

【特許文献2】

特開2000-174827号公報

【特許文献3】

特開2001-36470号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、レーザーダイオードの駆動制御回路を構成するオペアンプのオフセット電圧が大きくなると、光振幅値もしくは光ピーク値を正確に検出できなくなるために、レーザーダイオードに流れる駆動電流の制御が不安定になる。このオフセット電圧は、例えば、オペアンプの製造ばらつきや、光通信装置の周囲温度変動に起因するものである。駆動バイアス電流が発光スレシヨルド値を大幅に超えてしまうと、レーザーダイオードが出力する光のオフ時にも発光状態が残るようになるためにオフ時光雑音が増加し、オン／オフ比（消光比）が劣化してしまう。逆に、駆動バイアス電流が低下すると、光オフからオンへの過渡応答時間が遅くなるために、レーザーダイオードの出力光に遅延が生じてしまう。

【0007】

この点、A P C回路に属するオペアンプの出力端にキャパシタを直列に接続すれば、オペアンプが出力する電流から直流成分がカットされ、振幅成分のみが抽出されることになる。この結果、レーザーダイオードの駆動電流の制御に、オペアンプのオフセット電圧の影響が及ばなくなる。

【0008】

ただし、このような直列キャパシタを有する従来のA P C回路によれば、送信される各フレームデータ信号内の“1”と“0”の出現確率が一時的に大きく変動すると、直列キャパシタの後段の直流電位が変化してしまい、レーザーダイオードに流れる駆動電流の制御が不安定になる。したがって、かかるA P C回路を備えたレーザーダイオードは、送信される各フレームデータ信号内の“1”と“0”の出現確率が一定な平衡符号の送信にしか適用できず、“1”と“0”の出現確率が一定でない信号、例えばバースト信号を安定的に出力するものとして適当ではなかった。

【0009】

本発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、A P C回路（制御回路）を構成するオペアンプがオフセット電圧を有する場合であっても、発光素子の駆動電流を適切に制御することが可能であり、かつ、バース

ト信号の安定的な伝送をも実現する新規かつ改良された発光素子駆動装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明によれば、発光素子に送信パルス信号に応じた光パルス信号を発生させる発光素子駆動装置が提供される。そして、本発明の第1の観点によれば、この発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、電流電圧変換部から出力される電圧信号の交流成分を増幅して、交流増幅信号を出力する交流結合増幅部と、交流増幅信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力部と、正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、第1の直流電流を送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して発光素子に供給するパルス電流出力部と、バイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部とを備える。

【0011】

本発明の第2の観点によれば、上記の発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、電流電圧変換部から出力される電圧信号の交流成分を増幅して、交流増幅信号を出力する交流結合増幅部と、交流増幅信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力部と、正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第

1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部と、送信パルス信号に応じたパルス電流を発光素子に供給するパルス電流出力部とを備える。

【0012】

本発明の第3の観点によれば、上記の発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、電流電圧変換部から出力される電圧信号を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動出力増幅部と、正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第2の基準電圧を発生する第2の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧または第2の検出回路の出力電圧と第2の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第2の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、第1の直流電流を送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して発光素子に供給するパルス電流出力部と、第2の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部とを備える。

【0013】

本発明の第4の観点によれば、上記の発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、第3の基準電圧を発生する第3の基準電圧回路と、電流電圧変換部から出力される電圧信号と、第3の基準電圧との電位差を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボト

ム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、第1の直流電流を送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して発光素子に供給するパルス電流出力部と、バイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部とを備える。

【0014】

本発明の第5の観点によれば、上記の発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、第3の基準電圧を発生する第3の基準電圧回路と、電流電圧変換部から出力される電圧信号と、第3の基準電圧との電位差を増幅し、正相電圧信号および逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、正相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部と、送信パルス信号に応じたパルス電流を発光素子に供給するパルス電流出力部とを備える。

【0015】

本発明の第6の観点によれば、上記の発光素子駆動装置は、発光素子から出射されたモニタ光を受けて、受光電流信号を出力する受光素子と、受光電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換部と、第3の基準電圧を発生する第3の基準電圧回路と、一方の入力端に電流電圧変換部から出力される電圧信号が入力され、他方の入力端に第3の基準電圧が入力され、正相出力端から正相電圧信号を出力し、逆相出力端から逆相電圧信号を出力する差動入力差動出力増幅部と、正相電

圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第1の検出回路と、逆相電圧信号のピーク値またはボトム値を検出して該ピーク値またはボトム値に応じた電圧を出力する第2の検出回路と、第1の基準電圧を発生する第1の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧と第2の検出回路の出力電圧を加算し、当該加算結果と第1の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第1の演算部と、第2の基準電圧を発生する第2の基準電圧回路と、第1の検出回路の出力電圧または第2の検出回路の出力電圧と第2の基準電圧との差分に応じた電圧を出力する第2の演算部と、第1の演算部の演算結果に応じた第1の直流電流を出力する第1の直流電流出力部と、第1の直流電流を送信パルス信号に応じたパルス電流に変換して発光素子に供給するパルス電流出力部と、第2の演算部の演算結果に応じたバイアス電流を発光素子に供給するバイアス電流出力部とを備える。

【0016】

差動出力部にオフセット電圧が存在する場合、この差動出力部から出力される正相電圧信号および逆相電圧信号にオフセット電圧成分が含まれるおそれがある。しかし、本発明によれば、これら正相電圧信号および逆相電圧信号は、第1の演算部において演算処理され、オフセット電圧成分が取り除かれる。そして、ここでの演算結果に基づいて第1の直流電流のレベルが調整される。したがって、発光素子の駆動は、差動出力部のオフセット電圧に影響を受けることなく、安定的に制御されることになる。また、送信される各フレームデータ信号内の“1”と“0”の出現確率が一定でない信号、例えばバースト信号の安定的な転送も実現する。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる発光素子駆動装置の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明および添付された図面において、略同一の機能および構成を有する要素については、同一符号を付することによって重複説明を省略する。

【0018】

まず、光通信に使用される発光素子としてのレーザーダイオードの駆動制御の仕組みについて、図1を参照しながら説明する。図1は、レーザーダイオードの駆動電流 I_{ld} と光出力 P_o との関係を示している。

【0019】

レーザーダイオードに駆動電流 I_{ld} が流れると、光出力 P_o が得られる。駆動電流 I_{ld} が発光スレシヨルド電流 I_{th} より小さい場合、レーザー発振が生じないために、レーザーダイオードは発光しない。

【0020】

駆動電流 I_{ld} が大きくなり発光スレシヨルド電流 I_{th} を超えると、レーザーダイオードはレーザー発振を開始し、レーザー光を出力する。レーザー発振後は、発光オン電流 I_{on} ($I_{on} = I_{ld} - I_{th}$) に比例 (dP_o / dI_{ld} ($= dP_o / dI_{on}$)) した光出力 P_o が得られる。

【0021】

レーザーダイオードに対して駆動電流 I_{ld} を間欠的に与えると、パルス状の光出力（パルス光出力） P_o が得られる。これによって、光パルス信号による通信が可能となる。上述のように、駆動電流 I_{ld} が発光スレシヨルド電流 I_{th} を下回ると、光出力 P_o はオフ状態となるが、このとき駆動電流 I_{ld} を小さくしすぎると、次に駆動電流 I_{ld} が発光スレシヨルド電流 I_{th} を上回るまでに時間がかかり、光出力 P_o のオンに遅れが生じてしまう。

【0022】

また、光オフ時の駆動電流 I_{ld} を発光スレシヨルド電流 I_{th} より非常に小さく設定してしまうと、光オンからオフへの移行が早めに行われることになる。この現象と前述した光オンの遅延とが相まって、光出力 P_o のパルス幅は、このレーザーダイオードを用いて送信しようとするデータの時間幅に比べて狭くなる。

【0023】

レーザー発光の遅延を防止し、かつ、光出力に所定の時間幅を確保するためには、一般的に、レーザーダイオードに対して、予め発光スレシヨルド電流 I_{th} より僅かに小さい電流（直流バイアス電流 I_b ）を流しておき、駆動パルス電流

I_p を加える方法が採られる。ここで、駆動パルス電流 I_p （ピーク（最大）値）と直流バイアス電流 I_b を加えたものが、駆動電流 I_{ld} に一致する。

【0024】

以上の駆動電流 I_{ld} 、発光スレシヨルド電流 I_{th} 、発光オン電流 I_{on} 、直流バイアス電流 I_b 、および駆動パルス電流 I_p の関係を示す。

【0025】

$$I_{ld} = I_{th} + I_{on} = I_b + I_p$$

【0026】

ところで、レーザーダイオードの周辺温度が変動すると、発光スレシヨルド電流 I_{th} の値や発光オン電流 I_{on} の比例勾配（ dP_o/dI_{ld} ）が変化し、光出力 P_o が安定しなくなる可能性がある。このため、通常、レーザーダイオードには、上で説明したAPC回路が備えられる。レーザーダイオードは、光通信に用いる通信用レーザー光（光出力 P_o ）を前方向に出力するとともに、後方向へも通信用レーザー光に応じた光（モニタ用レーザー光）を出力することも可能である。この他、通信用レーザー光の一部を分岐させるなどの方法によって、モニタ用レーザー光を発生させるようにしてもよい。APC回路には、このモニタ用レーザー光を受光するフォトダイオードが備えられ、このフォトダイオードの出力に基づいて、直流バイアス電流 I_b とパルス電流 I_p が制御される。この結果、レーザーダイオードから、所定のパルス幅およびパワーに調整された通信用レーザー光が出力される。

【0027】

光出力 P_o のパルス幅調整およびオン／オフタイミング調整に、より高い精度が要求される場合、常時、直流バイアス電流 I_b の値がスレシヨルド電流 I_{th} の値に一致するように（駆動パルス電流 I_p と発光オン電流 I_{on} が等しくなるように）、直流バイアス電流 I_b および駆動パルス電流 I_p を並行して制御することが好ましい。しかし、直流バイアス電流 I_b と駆動パルス電流 I_p の両方を理想値になるよう制御することは困難である。したがって、光通信用のレーザーダイオードの駆動制御においては、多くの場合、直流バイアス電流 I_b または駆動パルス電流 I_p のいずれか一方を所定の値に固定し、他方の値を調整する。

【0028】

具体的には、予め発光スレシヨルド電流 I_{th} の変動量を予測し、その下限値に直流バイアス電流 I_b を固定した上で駆動パルス電流 I_p を調整する制御方法、または、予め発光オン電流 I_{on} の変動量を予測し、その最大値に駆動パルス電流 I_p を固定した上で直流バイアス電流 I_b を調整する制御方法のいずれかが採用される。かかる制御によってレーザダイオードの動作が安定し、所望の光出力 P_{on} が得られる。

【0029】

以上のような仕組みに基づいて、光通信用のレーザダイオードは駆動制御される。ここから、本発明の実施の形態にかかる発光素子駆動装置について説明する。

【0030】

<第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）101を図2に示す。

【0031】

このレーザダイオード駆動回路101は、レーザダイオードLD（発光素子）、フォトダイオードPD（受光素子）、プリアンプ部PA（電流電圧変換部）、キャパシタC1、交流信号アンプA1、キャパシタC2、差動出力アンプA2（差動出力部）、第1のピークホールド回路PH1（第1の検出回路）、第2のピークホールド回路PH2（第2の検出回路）、加算回路ADD、基準電圧回路V-REF1（第1の基準電圧回路）、差動入力アンプA3、電流出力回路I-PCONT（第1の直流電流出力部）、電流スイッチ回路CUR-SW（パルス電流出力部）、およびバイアス電流回路IB（バイアス電流出力部）から構成されている。キャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2は、本発明における交流結合増幅部を構成する。また、加算回路ADDおよび差動入力アンプA3は、本発明における第1の演算部を構成する。

【0032】

レーザダイオードLDのアノードは、電源電位+Vの供給ラインに接続され

ており、レーザーダイオードLDのカソードは、電流スイッチ回路CUR-SWの出力端およびバイアス電流回路IBの出力端に接続されている。そして、レーザーダイオードLDは、カソードに流れる駆動電流 I_{ld} によって駆動され、光通信に用いる通信用レーザー光LBf（光出力 P_{on} ）を前方向に出力するとともに、後方向へも通信用レーザー光に応じた光（モニタ用レーザー光LBm）を出力する。

【0033】

フォトダイオードPDは、レーザーダイオードLDから光帰還経路を経由して送られて来るモニタ用レーザー光LBmを受光し、これを光電変換して受光電流信号として出力する。図2に示したフォトダイオードPDは、カソードがプリアンプ部PAの入力端に接続され、アノードが電源電位 $-V$ の供給ラインに接続されている。この他、フォトダイオードPDのアノードがプリアンプ部PAに接続され、カソードが電源電位 $+V$ の供給ラインに接続されるように回路構成することも可能である。

【0034】

フォトダイオードPDの回路構成によって、フォトダイオードPDが出力する受光電流信号の極性（電流方向）が異なる。図2に示したように、フォトダイオードPDのカソードがプリアンプ部PAの入力端に接続されている場合、受光電流信号は、カソードに流れ込む方向の電流で実現される。逆に、フォトダイオードPDのアノードがプリアンプ部PAの入力端に接続されている場合、受光電流信号は、アノードから流れ出す方向の電流で実現される。

【0035】

交流信号アンプA1の入力端は、キャパシタC1を介してプリアンプ部PAの出力端に交流結合（カップリング）され、交流信号アンプA1の出力端は、キャパシタC2を介して差動出力アンプA2の入力端に交流結合されている。このプリアンプ部PAは、図3に示すように、入出力間が逆相となるアンプAp1および負帰還抵抗RFから構成される。負帰還抵抗RFは、アンプAp1の入力端と出力端に直接に接続されている。このプリアンプ部PAに代えて、図4に示すように、アンプAp2と入力抵抗RIによって構成されたプリアンプ部PA2を採

用することも可能である。入力抵抗 R_I は、アンプ A_{p2} の入力端とグランドラインを接続する。

【0036】

差動出力アンプ A_2 の正相出力端は、第1のピークホールド回路 PH_1 の入力端に接続されており、差動出力アンプ A_2 の逆相出力端は、第2のピークホールド回路 PH_2 の入力端に接続されている。

【0037】

加算回路 ADD の第1入力端は、第1のピークホールド回路 PH_1 の出力端に接続されており、加算回路 ADD の第2入力端は、第2のピークホールド回路 PH_2 の出力端に接続されており、加算回路 ADD の出力端は、差動入力アンプ A_3 の逆相入力端に接続されている。この差動入力アンプ A_3 の正相入力端には、基準電圧回路 $V-REF_1$ の出力端が接続されている。

【0038】

差動入力アンプ A_3 の出力端は、電流出力回路 $IPCONT$ の入力端に接続されており、この電流出力回路 $IPCONT$ の出力端は、電流スイッチ回路 $CUR-SW$ の入力端に接続されている。

【0039】

以上のように構成された本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101の動作を説明する。

【0040】

バイアス電流回路 IB は、レーザーダイオード LD に、発光スレッシュホールド電流 I_{th} より僅かに小さい値に調整された直流バイアス電流 I_b を供給する。また、電流出力回路 $IPCONT$ は、電流スイッチ回路 $CUR-SW$ に直流電流 I_o を供給する。この直流電流 I_o の値は、電流出力回路 $IPCONT$ の前段の回路の動作に応じて変化する。

【0041】

電流スイッチ回路 $CUR-SW$ は、送信信号 D に応じて、電流出力回路 $IPCONT$ から受けた直流電流 I_o を駆動パルス電流 I_p に変換し、レーザーダイオード LD に供給する。

【0042】

レーザーダイオードLDは、直流バイアス電流 I_b とパルス電流 I_p との和の電流（駆動電流 I_{ld} ）で駆動され、通信先の端末（図示せず）に向けて通信用レーザー光LBfを送信する。また、レーザーダイオードLDは、モニタ用レーザー光LBmを光帰還経路に送り出す。

【0043】

電流スイッチ回路CUR-SWがパルス電流 I_p を出力しているとき、駆動電流 I_{ld} （＝直流バイアス電流 I_b ＋パルス電流 I_p ）は、発光スレシヨルド電流 I_{th} を上回る。この結果、レーザーダイオードLDは、通信用レーザー光LBfおよびモニタ用レーザー光LBmを出射する。これに対して、電流スイッチ回路CUR-SWがパルス電流 I_p を出力していないとき、駆動電流 I_{ld} （＝直流バイアス電流 I_b ）は、発光スレシヨルド電流 I_{th} よりも低く、レーザーダイオードLDは、通信用レーザー光LBfおよびモニタ用レーザー光LBmを出射しない。

【0044】

光帰還経路を介してモニタ用レーザー光LBmを受光したフォトダイオードPDは、このモニタ用レーザー光LBmを受光電流信号に変換する。なお、モニタ用レーザー光LBmがパルス光の場合は、受光電流信号は、パルス信号となる。

【0045】

プリアンプ部PAは、フォトダイオードPDが出力する受光電流信号を電圧信号に変換する。

【0046】

プリアンプ部PAが出力する電圧信号は、このプリアンプ部PAと差動出力アンプA2との間に備えられた交流信号アンプA1によって増幅される。この交流信号アンプA1とキャパシタC1、キャパシタC2を省略して、プリアンプ部PAと差動出力アンプA2を直結することも可能である。ただし、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101のように、交流信号アンプA1を差動出力アンプA2の前段に設けることによって、差動出力アンプA2として利得の小さいアンプを採用できる。

【0047】

差動出力アンプA2は、交流信号アンプA1によって増幅された交流信号を、振幅が等しい正相電圧信号と逆相電圧信号から成る差動出力信号に変換する。

【0048】

第1のピークホールド回路PH1は、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号のピーク電位をホールドし、第2のピークホールド回路PH2は、差動出力アンプA2が出力する逆相電圧信号のピーク電位をホールドし、該ピーク値に応じた電圧を出力する。第1のピークホールド回路PH1および第2のピークホールド回路PH2をそれぞれ、正相電圧信号および逆相電圧信号のボトム値をホールドして、該ボトム値に応じた電圧を出力する第1のボトムホールド回路および第2のボトムホールド回路に置き換えることも可能である。

【0049】

加算回路ADDは、第1のピークホールド回路PH1の出力信号と第2のピークホールド回路PH2の出力信号を加算し、その結果を加算結果電圧信号として出力する。

【0050】

差動入力アンプA3は、基準電圧回路V-REF1が出力する基準電圧V_rと加算回路ADDが出力する加算結果電圧信号との差の電圧を増幅して出力する。なお、第1のピークホールド回路PH1および第2のピークホールド回路PH2をそれぞれ、上記の第1のボトムホールド回路および第2のボトムホールド回路に置き換えた場合は、差動入力アンプA3の差動入力接続は逆になる。

【0051】

電流出力回路I P C O N Tは、差動入力アンプA3の出力電圧に応じた直流電流I_oを出力する。例えば、差動入力アンプA3の出力電圧が上昇した場合、電流出力回路I P C O N Tは、直流電流I_oを減少させる。逆に、差動入力アンプA3の出力電圧が低下した場合、電流出力回路I P C O N Tは、直流電流I_oを増加させる。

【0052】

電流スイッチ回路C U R - S Wは、送信信号Dに応じてオン／オフ制御され、

オン状態のときに直流電流 I_o を出力する。この電流スイッチ回路 $CUR-SW$ の動作によって、直流電流 I_o はパルス電流 I_p に変換され、レーザーダイオード LD に供給される。

【0053】

バイアス電流回路 IB は、直流バイアス電流 I_b を定常的にレーザーダイオード LD に供給する。

【0054】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 の各部が動作するため、レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} の振幅値は一定値に保たれる。

【0055】

次に、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 におけるレーザーダイオード LD の駆動制御の詳細を、図 5 を参照しながら説明する。

【0056】

本実施の形態の特徴がより明らかになるように、ここではまず、レーザーダイオード駆動回路 101 がキャパシタ $C1$ 、交流信号アンプ $A1$ 、およびキャパシタ $C2$ を備えてない場合（プリアンプ部 PA と差動出力アンプ $A2$ が直結されている場合）に即して、レーザーダイオード駆動回路 101 の動作を説明する。これらキャパシタ $C1$ 、交流信号アンプ $A1$ 、およびキャパシタ $C2$ が備えられた場合のレーザーダイオード駆動回路 101 の動作および効果については後に詳述する。

【0057】

図 5 (a) は、差動出力アンプ $A2$ の出力オフセット電圧がゼロの場合、すなわち差動出力アンプ $A2$ が理想オペアンプから構成されている場合の差動出力アンプ $A2$ の動作を示している。

【0058】

レーザーダイオード LD が通信用レーザー光 LB_f およびモニタ用レーザー光 LB_m を出射していないときは、フォトダイオード PD は、受光電流信号を出力せず、プリアンプ部 PA は無入力となる。したがって、差動出力アンプ $A2$ が出

力する正相電圧信号と逆相電圧信号の各電位は、バイアス電位 V_{ob} に一致する。

【0059】

レーザーダイオード LD がパルス状の通信用レーザー光 LB_f およびモニタ用レーザー光 LB_m を出射すると、フォトダイオード PD は、モニタ用レーザー光 LB_m を受光し、プリアンプ部 PA に対してパルス状の受光電流信号を出力する。この受光電流信号に応じて、差動出力アンプ A2 は、ボトム（最小）電位 V_{pL} とピーク電位 V_{pH} を有するパルス状の正相電圧信号を正相出力端から出力し、ボトム電位 V_{nL} とピーク電位 V_{nH} を有するパルス状の逆相電圧信号を逆相出力端から出力する。なお、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL} と、逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} はバイアス電圧 V_{ob} に一致する。

【0060】

各電位の関係は以下の通りである。

【0061】

$$V_{pH} - V_{pL} = V_{nH} - V_{nL} = \Delta V \quad \dots (1)$$

$$V_{pL} = V_{nH} = V_{ob} \quad \dots (2)$$

【0062】

レーザーダイオード LD がパルス状の通信用レーザー光 LB_f およびモニタ用レーザー光 LB_m の光量が大きくなり（レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} の振幅が大きくなり）、プリアンプ部 PA の電圧信号の電位レベルが上昇すると、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH} が上昇し、逆相電圧信号のボトム電位 V_{nL} が低下する。この結果、式（1）の両辺はともに増大する。ただし、式（1）の左辺と右辺のイコール関係は保たれる。これに対して、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} は、式（2）に示すように、バイアス電位 V_{ob} に固定されている。また、加算回路 ADD の出力 V_{add} は、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} との和に一致するため、図から明らかなように、次式が得られる。

【0063】

$$V_{add} = V_{pH} + V_{nH} = \Delta V + 2 \times V_{ob} \quad \dots (3)$$

【0064】

なお、プリアンプ部PAに対するフォトダイオードPDの接続極性が逆の場合、光出力 $P_o n$ の振幅が大きくなるとプリアンプ部PAから出力される電圧信号は低下する。このときは、差動出力アンプA2の差動出力の正相と逆相の出力関係が入れ替わる。

【0065】

次に、差動出力アンプA2の出力オフセット電圧がプラスの場合の差動出力アンプA2の動作を、図5(b)を用いて説明する。差動出力アンプA2がプラスの出力オフセット電圧を有している場合、差動出力アンプA2が無入力、すなわち、レーザーダイオードLDが通信用レーザー光LBfおよびモニタ用レーザー光LBmを出射していないとき、正相電圧信号の電位が逆相電圧信号の電位より高くなる。

【0066】

なお、差動出力アンプA2の出力オフセット電圧は、差動出力アンプA2の製造ばらつきや周辺温度変動の他、フォトダイオードPDのリーク電流やプリアンプ部PAのオフセット電圧にも起因する。

【0067】

レーザーダイオードLDがパルス状の通信用レーザー光LBfおよびモニタ用レーザー光LBmを出射すると、フォトダイオードPDは、モニタ用レーザー光LBmを受光し、プリアンプ部PAに対してパルス状の受光電流信号を出力する。この受光電流信号に応じて、差動出力アンプA2は、ボトム電位 V_{pL1} とピーク電位 V_{pH1} を有するパルス状の正相電圧信号を正相出力端から出力し、ボトム電位 V_{nL1} とピーク電位 V_{nH1} を有するパルス状の逆相電圧信号を逆相出力端から出力する。ここで、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL1} は、差動出力アンプA2の入力電圧がゼロのときの正相出力端の電位であり、バイアス電位 $V_o b$ よりも出力オフセット電圧分高いレベルである。正相電圧信号のピーク電位 V_{pH1} も、差動出力アンプA2が理想オペアンプから構成されている場合に比べて、出力オフセット電圧分高くなる。また、逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH1} は、差動出力アンプA2の入力電圧がゼロのときの逆相出力端の電位であり、バ

イアス電位 V_{ob} よりも出力オフセット電圧分低いレベルである。逆相電圧信号のボトム電位 V_{nL1} も、差動出力アンプ A2 が理想オペアンプから構成されている場合に比べて、出力オフセット電圧分低くなる。

【0068】

各電位の関係は以下の通りである。

【0069】

$$V_{pH1} - V_{pL1} = V_{nH1} - V_{nL1} = \Delta V \quad \dots (4)$$

$$V_{pL1} \neq V_{nH1} \quad \dots (5)$$

$$V_{pL1} - V_{ob} = - (V_{nH1} - V_{ob}) = \Delta V_{off} \quad \dots (6)$$

【0070】

レーザーダイオード LD がパルス状の通信用レーザー光 LB_f およびモニタ用レーザー光 LB_m の光量が大きくなり（レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} の振幅が大きくなり）、プリアンプ部 PA が出力する電圧信号の電位レベルが上昇すると、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH1} が上昇し、逆相電圧信号のボトム電位 V_{nL1} が低下する。この結果、式 (4) の両辺はともに増大する。ただし、式 (4) の左辺と右辺のイコール関係は保たれる。これに対して、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL1} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH1} はともに変化せず、式 (5) および式 (6) の関係を保つ。また、加算回路 ADD の出力 V_{add1} は、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH1} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH1} との和に一致するため、図から明らかなように、次式が得られる。

【0071】

$$V_{pH1} = \Delta V + V_{ob} + \Delta V_{off} \quad \dots (7)$$

$$V_{nH1} = V_{ob} - \Delta V_{off} \quad \dots (8)$$

$$V_{add1} = V_{pH1} + V_{nH1} = \Delta V + 2 \times V_{ob} \quad \dots (9)$$

【0072】

次に、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧がマイナスの場合の差動出力アンプ A2 の動作を、図 5 (c) を用いて説明する。差動出力アンプ A2 がマイナスの出力オフセット電圧を有している場合、差動出力アンプ A2 が無入力、すなわち、レーザーダイオード LD が通信用レーザー光 LB_f およびモニタ用レー

ザー光 L B m を出射していないとき、正相電圧信号の電位が逆相電圧信号の電位より低くなる。

【0073】

レーザーダイオード L D がパルス状の通信用レーザー光 L B f およびモニタ用レーザー光 L B m を出射すると、フォトダイオード P D は、モニタ用レーザー光 L B m を受光し、プリアンプ部 P A に対してパルス状の受光電流信号を出力する。この受光電流信号に応じて、差動出力アンプ A 2 は、ボトム電位 V_{pL2} とピーク電位 V_{pH2} を有するパルス状の正相電圧信号を正相出力端から出力し、ボトム電位 V_{nL2} とピーク電位 V_{nH2} を有するパルス状の逆相電圧信号を逆相出力端から出力する。ここで、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL2} は、差動出力アンプ A 2 の入力電圧がゼロのときの正相出力端の電位であり、バイアス電位 V_{ob} よりも出力オフセット電圧分低いレベルである。正相電圧信号のピーク電位 V_{pH2} も、差動出力アンプ A 2 が理想オペアンプから構成されている場合に比べて、出力オフセット電圧分低くなる。また、逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH2} は、差動出力アンプ A 2 の入力電圧がゼロのときの逆相出力端の電位であり、バイアス電位 V_{ob} よりも出力オフセット電圧分高いレベルである。逆相電圧信号のボトム電位 V_{nL2} も、差動出力アンプ A 2 が理想オペアンプから構成されている場合に比べて、出力オフセット電圧分高くなる。

【0074】

各電位の関係は以下の通りである。

【0075】

$$V_{pH2} - V_{pL2} = V_{nH2} - V_{nL2} = \Delta V \quad \dots (10)$$

$$V_{pL2} \neq V_{nH2} \quad \dots (11)$$

$$V_{pL2} - V_{ob} = - (V_{nH2} - V_{ob}) = \Delta V_{off} \quad \dots (12)$$

【0076】

レーザーダイオード L D がパルス状の通信用レーザー光 L B f およびモニタ用レーザー光 L B m の光量が大きくなり（レーザーダイオード L D の光出力 P_{on} の振幅が大きくなり）、プリアンプ部 P A が出力する電圧信号の電位レベルが上昇すると、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH2} が上昇し、逆相電圧信号のボトム

電位 V_{nL2} が低下する。この結果、式 (10) の両辺はともに増大する。ただし、式 (10) の左辺と右辺のイコール関係は保たれる。これに対して、正相電圧信号のボトム電位 V_{pL2} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH2} はともに変化せず、式 (11) および式 (12) の関係を保つ。また、加算回路 ADD の出力 V_{add2} は、正相電圧信号のピーク電位 V_{pH2} と逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH2} との和に一致するため、図から明らかなように、次式が得られる。

【0077】

$$V_{pH2} = \Delta V + V_{ob} + \Delta V_{off} \quad \dots (13)$$

$$V_{nH2} = V_{ob} - \Delta V_{off} \quad \dots (14)$$

$$V_{add2} = V_{pH2} + V_{nH2} = \Delta V + 2 \times V_{ob} \quad \dots (15)$$

【0078】

本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 によれば、差動出力アンプ A2 から出力される正相電圧信号のピーク電位 V_{pH} (または V_{pH1} または V_{pH2}) は、第1のピークホールド回路 PH1 にホールドされ、差動出力アンプ A2 から出力される逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} (または V_{nH1} または V_{nH2}) は、第2のピークホールド回路 PH2 によってホールドされる。

【0079】

加算回路 ADD は、第1のピークホールド回路 PH1 の出力信号と第2のピークホールド回路 PH2 の出力信号を加算するが、その加算結果は、式 (3)、式 (9)、および式 (15) から明らかなように、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧には無関係である。つまり、加算回路 ADD は、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧の大きさに関わらず、レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} に応じた加算結果電圧信号を出力する。

【0080】

本実施の形態において、基準電圧回路 V-REF1 が出力する基準電圧 V_r は、式 (16) を満たすように設定される。なお、式 (16) における ΔV_p は、レーザーダイオード LD から所望の光出力 P_{on} が出力されているときに、差動出力アンプ A2 が出力する正相電圧信号 (または逆相電圧信号) の振幅である。

【0081】

$$V_r = \Delta V_p + 2 \times V_{ob} \quad \dots (16)$$

【0082】

電流出力回路 I P C O N T は、この基準電圧 V_r と加算回路 A D D が出力する加算結果電圧信号が入力される差動入力アンプ A 3 によって制御され、直流電流 I_o を出力する。ここで出力された直流電流 I_o は、電流スイッチ回路 C U R - S W の動作によって、パルス電流 I_p に変換され、レーザーダイオード L D に供給される。この結果、レーザーダイオード L D から出力される光出力 P_{on} は所望の値に調整される。

【0083】

ところで、図 6 に示すように、バイアス電流回路 I B から出力される直流バイアス電流 I_b が、発光スレシヨルド電流 I_{th} より大きくなると、レーザーダイオード L D は、送信データがない状態でも一定の光（バイアス光）を出射することになる。

【0084】

レーザーダイオード L D からバイアス光が出射されている場合、図 5 (d) に示すように、差動出力アンプ A 2 が出力する正相電圧信号および逆相電圧信号に電位シフトが生じる。このシフト電位 V_{ib3} のレベルは、レーザーダイオード L D から出射されるバイアス光のパワーに対応している。

【0085】

本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 によれば、レーザーダイオード L D からバイアス光が出射されている場合であっても、加算回路 A D D による加算結果 ($V_{pH3} + V_{nH3}$) は、上記式 (3)、式 (9)、および式 (15) から明らかなように振幅値 ΔV とバイアス値 V_{ob} のみによって決まるため、上記バイアス光によるオフセットを含めて、差動出力アンプ A 2 の出力オフセット電圧に影響を受けなくなる。したがって、レーザーダイオード L D から出力される光出力 P_{on} は光出力振幅値（消光比）が一定となる値に調整される。なお、差動出力アンプ A 2 が出力する正相電圧信号および逆相電圧信号の電位シフト量は、発光スレシヨルド電流 I_{th} を上回った直流バイアス電流 I_b の大きさに起因するシフト電位 V_{ib3} に、差動出力アンプ A 2 の出力オフセット

電圧を加えた量となる。

【0086】

以上、レーザーダイオード駆動回路101がキャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えてない場合の（プリアンプ部PAと差動出力アンプA2が直結されている場合の）レーザーダイオード駆動回路101の動作を説明した。次に、これらキャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えたレーザーダイオード駆動回路101（図2）の動作および効果について説明する。

【0087】

なお、レーザーダイオード駆動回路101が、キャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えた場合、差動出力アンプA2の出力である正相電圧信号および逆相電圧信号の各ピーク値は、キャパシタC1およびキャパシタC2に関わる時定数から得られる時間内における送信信号中の“1”の出現率の変動や温度変動に伴って緩やかに変動する。第1のピークホールド回路PH1および第2のピークホールド回路PH2の各ホールド時定数を、送信パルス幅に対して十分大きく、キャパシタC1およびキャパシタC2に関わる時定数に対して十分小さく設定すれば、第1のピークホールド回路PH1および第2のピークホールド回路PH2は、正相電圧信号および逆相電圧信号のピーク値変動に追従し、常にこの変動ピーク値に応じた電圧を出力する。

【0088】

第1のピークホールド回路PH1および第2のピークホールド回路PH2の出力であるピーク値は、一方が高くなるとその分他方が低くなり、両ピーク値の和は、振幅値に応じた値となる。この関係は、差動出力アンプA2の出力である正相電圧信号および逆相電圧信号の各ボトム値を用いる場合も同様であり、両ボトム値の和は、振幅値に応じた値となる。ただし、振幅値の増減に対する和の値の増減方向は、ピーク値を使用する場合とボトム値を使用する場合とでは反対となる。

【0089】

このように、レーザーダイオード駆動回路101は、キャパシタC1、交流信

号アンプA 1, およびキャパシタC 2を備えた場合も, 差動出力アンプA 2の出力オフセット電圧に影響を受けることなく, レーザーダイオードLDの光出力P_{on}をその光出力振幅値が一定となるように調整する。

【0090】

以上の関係を図7 (a) ~図7 (c) に示す。レーザーダイオードLDの光出力P_{on}の発光時間と消光時間の比が1 : 1である場合の差動出力アンプA 2の動作を図7 (a) に示す。また, 例えば, レーザーダイオードLDの光出力P_{on}において, 発光時間よりも消光時間の方が長い場合の差動出力アンプA 2の動作を図7 (b) に示し, 逆に発光時間よりも消光時間の方が短い場合の差動出力アンプA 2の動作を図7 (c) に示す。なお, 図7 (a), (b), (c) には, 出力オフセット電圧がゼロの差動出力アンプA 2の動作を示す。図7 (a), (b), (c) と図5 (a), (b), (c) を比較すると明らかなように, レーザーダイオードLDの光出力P_{on}の発光時間と消光時間の比が変動したときの差動出力アンプA 2の動作は, その出力オフセット電圧が, 常にゆっくりと変動している場合に類似したものとなる。

【0091】

レーザーダイオード駆動回路101がキャパシタC 1, 交流信号アンプA 1, およびキャパシタC 2を備えてない場合, 図5 (a), (b), (c) に示したように, 差動出力アンプA 2が出力する正相電圧信号の電位は, バイアス点 (無入力時に相当) から必ず増大方向に動き, 逆相電圧信号の電位は, バイアス点 (無入力時に相当) から必ず減少方向に動く。

【0092】

これに対して, レーザーダイオード駆動回路101が, プリアンプ部PAと差動出力アンプA 2との間に, キャパシタC 1, 交流信号アンプA 1, およびキャパシタC 2を備えた場合, 図7 (a), (b), (c) に示したように, 正相電圧信号の電位および逆相電圧信号の電位はともに, バイアス点を挟んで増大, 減少両方向へ動く。したがって, 差動出力アンプA 2の出力動作範囲を有効に活用できる。一般にアンプの出力動作範囲を拡大させるためには, このアンプの電源電圧を高く設定する必要がある。この点, 本実施の形態にかかるレーザーダイオ

ード駆動回路101によれば、差動出力アンプA2の電源電圧を低く抑えつつ、より広い振幅の入力信号（光出力 P_{on} ）に対応することができる。

【0093】

また、レーザーダイオード駆動回路101がキャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えてない場合、直流バイアス電流 I_b が発光スレシールド電流 I_{th} より大きい状態にあると、上述のように、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号および逆相電圧信号に電位シフトが生じる。

【0094】

一方、レーザーダイオード駆動回路101が、プリアンプ部PAと差動出力アンプA2との間に、キャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えた場合、プリアンプ部PAの電圧信号の直流成分がキャパシタC1およびキャパシタC2によってカットされる。このため、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号および逆相電圧信号に、直流バイアス電流 I_b が発光スレシールド電流 I_{th} を越えたことに起因する電位シフトが生じない。この結果、差動出力アンプA2の電源電圧を低く抑えつつ、より広い振幅の入力信号（光出力 P_{on} ）に対応することができる。

【0095】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101によれば、差動出力アンプA2の出力オフセット電圧の大きさに関わらず、レーザーダイオードLDから出力される光出力 P_{on} の振幅を所望の値に調整することが可能となる。

【0096】

また、バイアス電流回路IBから出力される直流バイアス電流 I_b が、発光スレシールド電流 I_{th} を超えた場合であっても、レーザーダイオードLDから出力される光出力 P_{on} の振幅を適正值に制御できる。

【0097】

また、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101は、レーザーダイオードLDが出射する通信用レーザー光LBf（モニタ用レーザー光LBm）によって伝送する信号が平衡符号からなる信号ではなく、例えばバースト信号

であっても、かかるレーザーダイオードLDを制御することが可能である。

【0098】

また、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101は、キャパシタC1、交流信号アンプA1、およびキャパシタC2を備えているため、差動出力アンプA2の出力動作範囲の有効活用が実現する。

【0099】

さらに、直流バイアス電流 I_b が発光スレッシュホールド電流 I_{th} より大きい場合でも、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号および逆相電圧信号に電位シフトが生じない。したがって、レーザーダイオードLDから出力される光出力 P_{on} の振幅を一定に保つことが可能となる。

【0100】

なお、図2に示したように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101は、電流スイッチ回路CUR-SWとバイアス電流回路IBにカソードが接続されたレーザーダイオードLDの駆動を制御するものであるが、アノードが電流スイッチ回路CUR-SWとバイアス電流回路IBに接続されたレーザーダイオードの制御も可能である。

【0101】

また、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101において、フォトダイオードPDは、カソードがプリアンプ部PAに接続されているが、アノードをプリアンプ部PAに接続するようにしてもよい。

【0102】

図8に示したレーザーダイオード駆動回路102は、図2に示した本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101の変形例である。このレーザーダイオード駆動回路102は、レーザーダイオード駆動回路101に対して、電流出力回路IPCONTが電流出力回路IPに置き換えられ、バイアス電流回路IBがバイアス電流回路IBCONT（バイアス電流出力部）に置き換えられた構成を有する。レーザーダイオード駆動回路102において、電流出力回路IPは、一定の直流電流 I_o を出力する。また、バイアス電流回路IBCONTは、差動入力アンプA3の出力電圧に応じた直流バイアス電流 I_b を出力する。このレ

ーザーダイオード駆動回路 102 によれば、レーザーダイオード駆動回路 101 と同等の効果が得られる。

【0103】

また、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 が備える差動出力アンプ A2 において、ゲイン勾配が等しい正相出力および逆相出力を有するのであれば、多段アンプ構成を採用することも可能である。図 9 には、その一例として、2つのアンプ A2a および差動出力アンプ A2b から成る多段アンプを示した。同様に、交流信号アンプ A1 も多段アンプ構成とすることが可能である。

【0104】

<第2の実施の形態>

本発明の第2の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）201を図10に示す。

【0105】

このレーザーダイオード駆動回路 201 は、図 2 に示した第 1 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101 に対して、バイアス電流回路 IB がバイアス電流回路 IBCONT に置き換えられ、さらに第 2 の差動入力アンプ A5 および第 2 の基準電圧回路 VREF2 が付加された構成を有する。第 2 の差動入力アンプ A5 は、本発明における第 2 の演算部を構成する。

【0106】

第 2 の差動入力アンプ A5 は、第 2 の基準電圧回路 VREF2 から出力される第 2 の基準電圧 Vr2 と、第 1 のピークホールド回路 PH1 の出力信号との差の電圧を増幅して出力する。

【0107】

バイアス電流回路 IBCONT は、第 2 の差動入力アンプ A5 の出力電圧に応じた直流バイアス電流 Ib を出力する。例えば、第 2 の差動入力アンプ A5 の出力電圧が上昇した場合、バイアス電流回路 IBCONT は、直流バイアス電流 Ib を増加させる。逆に、第 2 の差動入力アンプ A5 の出力電圧が低下した場合、バイアス電流回路 IBCONT は、直流バイアス電流 Ib を減少させる。

【0108】

次に、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路201の動作について説明する。

【0109】

電流出力回路IPCONTから出力される直流電流 I_o （電流スイッチ回路CURSWから出力されるパルス電流 I_p ）の電流制御に関しては、このレーザーダイオード駆動回路201は、第1の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101と略同一の機能を有する。ここでは、主に、バイアス電流回路IBCONTから出力される直流バイアス電流 I_b の電流制御について説明する。

【0110】

本実施の形態にかかるレーザーダイオード201に備えられた第1のピークホールド回路PH1は、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号のピーク電位 V_{pH} 、 V_{pH1} 、 V_{pH2} 、 V_{pH3} （図5（a）～（d））をホールドする。このピーク電位 V_{pH} 、 V_{pH1} 、 V_{pH2} 、 V_{pH3} は、レーザーダイオードLDの光出力 P_{on} のピーク値に対応している。

【0111】

第2の基準電圧回路VREF2から出力される第2の基準電圧 V_{r2} より、第1のピークホールド回路PH1の出力信号の電位（正相電圧信号のピーク電位 V_{pH} 、 V_{pH1} 、 V_{pH2} 、 V_{pH3} ）が高くなると、第2の差動入力アンプA5は、レーザーダイオードLDに供給される直流バイアス電流 I_b が小さくなるように、バイアス電流回路IBCONTを制御する。

【0112】

このとき、第2の基準電圧回路VREF2から出力される第2の基準電圧 V_{r2} は、基準電圧回路VREF1から出力される基準電圧 V_r よりも高く設定される。第2の基準電圧 V_{r2} と基準電圧 V_r のは、想定される差動出力アンプA2の出力オフセット電圧の最大値に合わせることが好ましい。この結果、常に、レーザーダイオードLDに対して、発光スレシヨルド電流 I_{th} の値に極めて近い値の直流バイアス電流 I_b を流すことが可能となり、レーザーダイオードLDの光出力 P_{on} のピーク値が所定値に保たれる。

【0113】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路201によれば、レーザーダイオードLDの光出力 P_o の振幅を所定値に保つためのパルス電流 I_p （直流電流 I_o ）の電流制御と、光出力 P_o のピーク値を所定値に保つための直流バイアス電流 I_b の電流制御が並行して行われる。

【0114】

図11に示したレーザーダイオード駆動回路202は、図10に示した本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路201の変形例である。このレーザーダイオード駆動回路202は、レーザーダイオード駆動回路201に対して、第2の差動入力アンプA5が第2の差動入力アンプA5-2に置き換えられ、第2の基準電圧回路V-REF2が第2の基準電圧回路V-REF2-2に置き換えられ、さらに、第2の差動入力アンプA5-2の入力極性を反転させた構成を有する。

【0115】

第2の差動入力アンプA5-2は、第2の基準電圧回路V-REF2-2から出力される第2の基準電圧 V_{r2-2} と、第2のピークホールド回路PH2の出力信号との差の電圧を増幅して出力する。

【0116】

バイアス電流回路IBCONTは、第2の差動入力アンプA5-2の出力電圧に応じた直流バイアス電流 I_b を出力する。例えば、第2の差動入力アンプA5-2の出力電圧が上昇した場合、バイアス電流回路IBCONTは、直流バイアス電流 I_b を減少させる。逆に、第2の差動入力アンプA5-2の出力電圧が低下した場合、バイアス電流回路IBCONTは、直流バイアス電流 I_b を増加させる。

【0117】

次に、レーザーダイオード駆動回路202の動作について説明する。

【0118】

電流出力回路IPCONTから出力される直流電流 I_o （電流スイッチ回路CUR-SWから出力されるパルス電流 I_p ）の電流制御に関しては、このレーザ

ーダイオード駆動回路 202 は、第 1 の実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路 101 と略同一の機能を有する。ここでは、主に、バイアス電流回路 IBCONT から出力される直流バイアス電流 I_b の電流制御について説明する。

【0119】

レーザダイオード 202 に備えられた第 2 のピークホールド回路 PH2 は、差動出力アンプ A2 が出力する逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} , V_{nH1} , V_{nH2} , V_{nH3} (図 5 (a) ~ (d)) をホールドする。このピーク電位 V_{nH} , V_{nH1} , V_{nH2} , V_{nH3} は、レーザダイオード LD の光出力 P_{on} のボトム値に対応している。

【0120】

第 2 の基準電圧回路 $V-REF2-2$ から出力される第 2 の基準電圧 V_{r2-2} より、第 2 のピークホールド回路 PH2 の出力信号の電位 (逆相電圧信号のピーク電位 V_{nH} , V_{nH1} , V_{nH2} , V_{nH3}) が低くなると、第 2 の差動入力アンプ A5-2 は、レーザダイオード LD に供給される直流バイアス電流 I_b が小さくなるように、バイアス電流回路 IBCONT を制御する。

【0121】

このとき、第 2 の基準電圧回路 $V-REF2-2$ から出力される第 2 の基準電圧 V_{r2-2} は、差動出力アンプ A2 のバイアス電圧 V_{ob} よりも低く設定される。第 2 の基準電圧 V_{r2-2} とバイアス電圧 V_{ob} の差は、想定される差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧の最大値に合わせることが好ましい。この結果、常に、レーザダイオード LD に対して、発光スレシヨルド電流 I_{th} の値に極めて近い値の直流バイアス電流 I_b を流すことが可能となり、レーザダイオード LD の光出力 P_{on} のボトム値が所定値に保たれる。

【0122】

以上のように、レーザダイオード駆動回路 202 によれば、レーザダイオード LD の光出力 P_{on} の振幅を所定値に保つためのパルス電流 I_p (直流電流 I_o) の電流制御と、光出力 P_{on} のボトム値を所定値に保つための直流バイアス電流 I_b の電流制御が並行して行われる。

【0123】

レーザーダイオード制御回路 202 によってレーザーダイオード LD の光出力 P_{on} のボトム値制御が行われたときの、差動出力アンプ A2 の動作を図 12 (a) ~ (d) に示す。図 12 (a) は、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧がゼロの場合の入出力特性を示し、図 12 (b) は、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧がマイナスの場合の入出力特性を示し、図 12 (c) および図 12 (d) は、差動出力アンプ A2 の出力オフセット電圧がプラスの場合の入出力特性を示している。図 12 (c) の電位 VR に第 2 の基準電圧 V_{r2-2} を設定すれば、差動入力電圧 V_{iL} が確保されるように直流バイアス電流 I_b が保たれる。

【0124】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 201, 202 によれば、第 1 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 101, 102 と同等の効果が得られるとともに、次の効果も得られる。

【0125】

レーザーダイオード LD の発光スレシヨルド電流 I_{th} は、電源変動、温度変動、あるいはレーザーダイオード LD の製造バラツキなどによって変化してしまう。この点、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 201, 202 によれば、直流バイアス電流 I_b が、発光スレシヨルド電流 I_{th} の値に極めて近い値（発光スレシヨルド電流 I_{th} の値よりも僅かに大きい値）に維持される。したがって、レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} の振幅とともに、ピーク値またはボトム値を所定値に保つことが可能となる。

【0126】

これによって、レーザーダイオード LD は、強い発光状態（送信信号 “1” に相当）または弱い発光状態（送信信号 “0” に相当）のいずれかの常に発光した状態に保たれる。したがって、送信信号 “1” → “0” および送信信号 “0” → “1” の各遷移を速く、また揃った値にすることができる。

【0127】

<第 3 の実施の形態>

本発明の第 3 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆

動装置) 301を図13に示す。

【0128】

このレーザーダイオード駆動回路301は、図10に示した第2の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路201に対して、差動出力アンプA2が差動入出力アンプA2-2に置き換えられ、さらに第3の基準電圧回路V-REF3が付加された構成を有する。

【0129】

第3の基準電圧回路V-REF3から出力される第3の基準電圧 V_{r3} は、温度変動や電源変動を含めて、無入力時のプリアンプ部PAが出力する電圧信号の電位に一致するように調整されている。例えば、プリアンプ部PAと同等の回路であって入力オープンとされた回路を用いて、この第3の基準電圧回路V-REF3を構成することができる。

【0130】

差動入出力アンプA2-2の正相入力端は、プリアンプ部PAの出力端に接続されており、差動入出力アンプA2-2の逆相入力端は、第3の基準電圧回路V-REF3の出力端に接続されている。また、差動入出力アンプA2-2の正相出力端は、第1のピークホールド回路PH1の入力端に接続されており、差動入出力アンプA2-2の逆相出力端は、第2のピークホールド回路PH2の入力端に接続されている。そして、差動入出力アンプA2-2は、プリアンプ部PAが出力する電圧信号の電位と、第3の基準電圧回路V-REF3から出力される第2の基準電圧 V_{r2} の差を、バイアス電圧を基準としてプラス方向とマイナス方向に増幅する。プラス方向への増幅結果は、正相電圧信号として正相出力端から出力され、マイナス方向への増幅結果は、逆相電圧信号として逆相出力端から出力される。

【0131】

第1のピークホールド回路PH1は、差動入出力アンプA2-2が出力する正相電圧信号のピーク電位をホールドし、第2のピークホールド回路PH2は、差動出力アンプA2が出力する逆相電圧信号のピーク電位をホールドする。

【0132】

電源変動や周囲温度変化が生じた場合、プリアンプ部 P A の出力バイアス電圧が変動するおそれがある。第 2 の実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路 201 では、このプリアンプ部 P A の出力バイアス電圧の変動は、差動出力アンプ A 2 の出力オフセット電圧の変動に繋がる。差動出力アンプ A 2 の出力オフセット電圧の変動量（ばらつき量）が大きい場合、レーザダイオード L D の光出力 P_{on} のピーク値（またはボトム値）を一定に保つための直流バイアス電流 I_b の制御が不安定になる。このため、直流バイアス電流 I_b の値がゼロまで低下し、あるいは逆に発光スレシヨルド電流 I_{th} を大幅に越える可能性もある。

【0133】

この点、本実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路 301 に属する、差動入出力アンプ A 2-2 は、プリアンプ部 P A が出力する電圧信号の電位と、第 3 の基準電圧回路 V-R E F 3 から出力される第 2 の基準電圧 V_r2 との差を増幅するものである。したがって、プリアンプ部 P A の出力バイアス電圧が変動した場合であっても、差動入出力アンプ A 2-2 の出力オフセット電圧の変動量は小さく抑えられる。

【0134】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路 301 によれば、第 2 の実施の形態にかかるレーザダイオード駆動回路 201 と同等の効果が得られるとともに、次の効果も得られる。

【0135】

差動入出力アンプ A 2-2 の出力オフセット電圧の変動量が小さく抑えられる。この結果、直流バイアス電流 I_b を安定的に制御することが可能となる。

【0136】

なお、図 11 に示したレーザダイオード駆動回路 202 に対して、本実施の形態にかかるレーザダイオード 301 に属する差動入出力アンプ A 2-2 と第 3 の基準電圧回路 V-R E F 3 を導入することも可能である。すなわち、差動出力アンプ A 2 を差動入出力アンプ A 2-2 に置き換え、さらに第 3 の基準電圧回路 V-R E F 3 が付加するようにしてもよい。

【0137】

<第4の実施の形態>

本発明の第4の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）401を図14に示す。

【0138】

このレーザーダイオード駆動回路401は、図2に示した第1の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101に対して、時定数回路TC（第1の時定数回路）が付加された構成を有する。

【0139】

時定数回路TCは、抵抗 R_t とキャパシタ C_t から構成されている。抵抗 R_t は、加算回路ADDの出力端と差動入力アンプA3の逆相入力端との間に直列に接続されている。キャパシタ C_t は、グランドラインと差動入力アンプA3の逆相入力端との間に直列に接続されている。

【0140】

通常、各信号伝送経路毎に伝送遅延時間が異なる。また、アンプその他の回路の応答速度にも差がある。このため、制御系のループ応答が2次以上の高次形である場合、制御が不安定になり、発振の可能性もある。

【0141】

この点、レーザーダイオード駆動回路401は、制御系内に時定数経路TCを備えているため、発振することもなく、レーザーダイオードLDの光出力 P_{on} を安定的に制御することができる。

【0142】

図14に示したレーザーダイオード駆動回路401では、加算回路ADDの出力端と差動入力アンプA3の逆相入力端との間に時定数回路TCが備えられているが、この時定数回路TCは電流出力回路IPCONTの制御経路中に挿入されていればよく、例えば、差動入力アンプA3の出力端に接続されていてもよい。また、図13に示した第3の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路301のように、バイアス電流回路IBCONTを制御する回路構成を有する場合、このバイアス電流回路IBCONTの制御経路に時定数回路を備えることで、バイアス電流回路IBCONTの制御の安定化が図られる。図13のレーザーダ

イオード駆動回路 301 に対して、時定数回路 TC1 (第1の時定数回路) および時定数回路 TC2 (第2の時定数回路) が追加された構成を有するレーザーダイオード駆動回路 402 を図 15 に示す。

【0143】

時定数回路 TC1 は、抵抗 R_{t1} とキャパシタ C_{t1} から構成されている。抵抗 R_{t1} は、差動入力アンプ A3 の出力端と電流出力回路 IPCONT の入力端との間に直列に接続されている。キャパシタ C_{t1} は、グラウンドラインと電流出力回路 IPCONT の入力端との間に直列に接続されている。

【0144】

時定数回路 TC2 は、抵抗 R_{t2} とキャパシタ C_{t2} から構成されている。抵抗 R_{t2} は、第2の差動入力アンプ A5 の出力端とバイアス電流回路 IBCONT の入力端との間に直列に接続されている。キャパシタ C_{t2} は、グラウンドラインとバイアス電流回路 IBCONT の入力端との間に直列に接続されている。

【0145】

このレーザーダイオード駆動回路 402 によれば、電流出力回路 IPCONT の制御の安定化と、バイアス電流回路 IBCONT の制御の安定化が実現する。

【0146】

また、レーザーダイオード駆動回路 402 のように、電流出力回路 IPCONT の制御経路とバイアス電流回路 IBCONT の制御経路に個別の時定数回路を備えることによって、電流出力回路 IPCONT とバイアス電流回路 IBCONT いずれか一方を優先的に制御することが可能となる。例えば、レーザーダイオード駆動回路 402 において、時定数回路 CT1 の時定数に対して、時定数回路 CT2 の時定数を十分に大きく設定すれば、電流出力回路 IPCONT の制御は、バイアス電流回路 IBCONT の制御より優先される。

【0147】

以上のように、本実施の形態によれば、第1～3の実施の形態と同等の効果が得られるとともに、レーザーダイオード LD の光出力 P_{on} の制御に関して、より一層の安定化が実現する。また、電流出力回路 IPCONT の制御とバイアス電流回路 IBCONT の制御の優先順位を自由に設定できる。

【0148】

＜第5の実施の形態＞

本発明の第5の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）501を図16に示す。

【0149】

このレーザーダイオード駆動回路501は、図8に示したレーザーダイオード駆動回路102に対して、第2のバイアス電流回路IB0（第2のバイアス電流出力部）が付加された構成を有する。

【0150】

第2の直流バイアス電流Iboを出力する第2のバイアス電流回路IB0の出力端は、レーザーダイオードLDのカソードに接続されている。この第2の直流バイアス電流Iboは定電流である必要はない。したがって、第2のバイアス電流回路IB0を、レーザーダイオードLDのカソードと電源との間を接続する抵抗によって構成することも可能である。

【0151】

例えば、図8に示したレーザーダイオード駆動回路102において、製造ばらつきや電源変動、温度変動等が生じると、電流出力回路IPから出力される直流電流Ioと、バイアス電流回路IBCONTから出力される直流バイアス電流Ibがそれぞれ変化してしまう可能性がある。直流電流Ioが増加し、直流バイアス電流Ibが減少し、場合によってはバイアス電流Ibがゼロとなるおそれもある。このときの、差動出力アンプA2の入出力特性を図12（d）に示す。

【0152】

バイアス電流Ibがゼロになると、レーザーダイオードLDの発光開始タイミングが遅延し、消光開始タイミングが早まり、レーザーダイオードLDが出射する通信用レーザー光LBfにおけるパルス波形が劣化してしまう。これは信号の伝送誤りに繋がる。

【0153】

この点、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路501は、第2のバイアス電流回路IB0を備えている。したがって、たとえバイアス電流回路I

B C O N T から出力される直流バイアス電流 I_b がゼロまで低下しても、レーザーダイオード L D に、バイアス電流として、第 2 の直流バイアス電流 I_{b0} が流れることになる。この結果、レーザーダイオード L D の発光パルス波形の劣化を最小限に抑えることが可能となる。

【0154】

また、当該レーザーダイオード駆動回路 501 を集積回路化した場合、バイアス電流回路 I B 0 を集積回路の外部に配置することによって、集積回路部分の消費電力を軽減できる。

【0155】

なお、図 13 に示した第 3 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 301 に、第 2 のバイアス電流回路 I B 0 を付加するようにしてもよい。かかる構成を有するレーザーダイオード駆動回路 502 を図 17 に示す。

【0156】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 501 およびレーザーダイオード駆動回路 502 によれば、第 1 ～ 4 の実施の形態と同等の効果が得られるとともに、レーザーダイオード L D の発光パルス波形の劣化を最小限に抑えることが可能となる。さらに、集積回路化した場合、集積回路部分の消費電力の低減も可能となる。

【0157】

< 第 6 の実施の形態 >

本発明の第 6 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）601 を図 18 に示す。

【0158】

このレーザーダイオード駆動回路 601 は、図 2 に示したレーザーダイオード駆動回路 101 に対して、差動出力アンプ A 2 がゲイン制御端子付き差動出力アンプ A 2 g に置き換えられた構成を有する。ゲイン制御端子付き差動出力アンプ A 2 g のゲインは、ゲイン制御信号 G C によって調整自在である。

【0159】

レーザーダイオード L D の光出力 P_{on} が同じでも、フォトダイオード P D の

受光効率や、レーザーダイオードLDとフォトダイオードPDとの間の光帰還経路の特性に応じて、プリアンプ部PAから出力される電圧信号のレベルがばらつくおそれがある。

【0160】

この点、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路601に備えられたゲイン制御端子付き差動出力アンプA2gは、ゲインが調整可能であるため、プリアンプ部PAから出力される電圧信号のレベルが変動した場合であっても、出力する正相電圧信号および逆相電圧信号の各レベルを一定に保つことができる。

【0161】

なお、第1のピークホールド回路PH1に入力される正相電圧信号および第2のピークホールド回路PH2に入力される逆相電圧信号をそれぞれ一定に保つという観点からは、プリアンプ部PAおよび交流信号アンプA1をそれぞれゲイン調整可能なタイプに置き換えることも有効である。

【0162】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路601によれば、第1～5の実施の形態と同等の効果が得られるとともに、レーザーダイオードLDの光出力Ponが同じであれば、常に同じレベルの正相電圧信号および逆相電圧信号をそれぞれ、第1のピークホールド回路PH1と第2のピークホールド回路PH2に与えることが可能となる。

【0163】

<第7の実施の形態>

本発明の第7の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路（発光素子駆動装置）701を図19に示す。

【0164】

このレーザーダイオード駆動回路701は、図2に示したレーザーダイオード駆動回路101に対して、レーザーダイオードLDの劣化を検出するレーザーダイオード劣化検出部DD1（第1の検出部）が付加された構成を有する。

【0165】

レーザーダイオード劣化検出部DD1は、コンパレータCOMP1と第4の基準電圧回路VREF4-1から構成されている。コンパレータCOMP1の第1の入力端は、加算回路ADDの出力端に接続されており、コンパレータCOMP1の第2の入力端は、第4の基準電圧回路VREF4-1の出力端に接続されている。そして、コンパレータCOMP1は、加算回路ADDから出力される加算結果電圧信号の電位と、第4の基準電圧回路VREF4-1から出力される第4の基準電圧Vr4-1を比較し、比較結果をアラーム信号ALM1として出力する。

【0166】

一般的に、レーザーダイオードは、光通信装置に組み込まれる素子の中では劣化しやすい部類に属し、その寿命は比較的短い。本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路701において、レーザーダイオードLDの劣化が進むと、レーザーダイオードLDから所定の光出力Ponを得るために必要なパルス電流Ip（直流電流Io）の値および直流バイアス電流Ibの値が次第に大きくなってくる。そして、電流出力回路IPCONTから出力される直流電流Ioが最大になっても、レーザーダイオードLDの光出力Ponが所定のレベルに達しなくなる。このとき、加算回路ADDから出力される加算結果電圧信号の電位も低下する。

【0167】

本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路701に属するレーザーダイオード劣化検出部DD1は、加算結果電圧信号の電位が、第4の基準電圧回路VREF4-1から出力される第4の基準電圧Vr4-1を下回ると、これを検出し、アラーム信号ALM1を出力する。このアラーム信号ALM1は、レーザーダイオードLDの劣化を示している。

【0168】

本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路701では、加算回路ADDから出力される加算結果電圧信号が、第4の基準電圧回路VREF4-1から出力される第4の基準電圧Vr4-1と比較される。上述のように、この加算結果電圧信号は、差動出力アンプA2から出力される正相電圧信号と逆相電圧信

号の各ピーク値を加算することによって得られる信号であり、その電圧レベルは、差動出力アンプA2の出力オフセット電圧に依存しない。したがって、アラーム信号ALM1に対して、差動出力アンプA2が有する出力オフセット電圧の影響が及ぶことはなく、レーザーダイオードLDの劣化検出に高い信頼性が得られる。

【0169】

なお、第4の基準電圧回路VREF4-1から出力される第4の基準電圧Vr4-1と比較する信号として、加算回路ADDから出力される加算結果電圧信号に代えて、差動入力アンプA3の出力電圧信号をレーザーダイオード劣化検出部DD1に入力するようにしてもよい。

【0170】

レーザーダイオード駆動回路701は、パルス電流Ip（直流電流Io）の値に対応して変化する加算結果電圧信号を用いて、レーザーダイオードLDの劣化を検出するものであるが、その他、直流バイアス電流Ibの値、または、パルス電流Ipと直流バイアス電流Ibの和の値に対応して変化する信号を用いてレーザーダイオードLDの劣化を検出することも可能である。

【0171】

図20に示したレーザーダイオード駆動回路702は、パルス電流Ipと直流バイアス電流Ibの和の値に対応して変化する信号を用いてレーザーダイオードLDの劣化を検出するものであり、図17に示したレーザーダイオード駆動回路502に対して、電流出力回路IPCONTが電流出力回路IPCONT2に置き換えられ、バイアス電流回路IBCONTがバイアス電流回路IBCONT2に置き換えられ、レーザーダイオードLDの劣化を検出するレーザーダイオード劣化検出部DD2（第2の検出部、第3の検出部）が付加された構成を有する。

【0172】

電流出力回路IPCONT2は、電流出力回路IPCONTと同様に、直流電流Ioを第1端子から出力するとともに、この直流電流Ioに比例する直流電流Iomを第2端子から出力する。

【0173】

また、バイアス電流回路 IBCONT 2 は、バイアス電流回路 IBCONT と同様に、直流バイアス電流 I_b を第 1 端子から出力するとともに、この直流バイアス電流 I_b に比例する直流バイアス電流 I_{bm} を第 2 端子から出力する。

【0174】

レーザーダイオード劣化検出部 DD 2 は、コンパレータ COMP 2、第 4 の基準電圧回路 $V-REF 4-2$ 、および抵抗 R 2 から構成されている。

【0175】

コンパレータ COMP 2 の第 2 の入力端は、抵抗 R 2 の第 1 端、電流出力回路 IPCONT 2 の第 1 出力端、およびバイアス電流回路 IBCONT 2 の第 1 出力端に接続されている。また、コンパレータ COMP 2 の第 1 の入力端は、第 4 の基準電圧回路 $V-REF 4-2$ の出力端に接続されている。抵抗 R 2 の第 2 端は、電源電位 +V の供給ラインに接続されている。

【0176】

抵抗 R 2 は、直流電流 I_{om} と直流バイアス電流 I_{bm} を加算し、この結果を電圧信号に変換してその第 1 端から出力するものである。コンパレータ COMP 2 は、抵抗 R 2 の第 1 端から出力される電圧信号の電位と、第 4 の基準電圧回路 $V-REF 4-2$ から出力される第 4 の基準電圧 $V_{r 4-2}$ を比較し、比較結果をアラーム信号 ALM 2 として出力する。

【0177】

レーザーダイオード駆動回路 702 に属するレーザーダイオード劣化検出部 DD 2 は、抵抗 R 2 の第 1 端から出力される電圧信号の電位が、第 4 の基準電圧回路 $V-REF 4-2$ から出力される第 4 の基準電圧 $V_{r 4-2}$ を下回ると、これを検出し、アラーム信号 ALM 2 を出力する。抵抗 R 2 の第 1 端から出力される電圧信号の電位下降は、電流出力回路 IPCONT 2 から出力される直流電流 I_o とバイアス電流回路 IBCONT 2 から出力される直流バイアス電流 I_b の合計電流の増加に対応している。上述のように、レーザーダイオード LD の劣化が進むと、レーザーダイオード LD から所定の光出力 P_{on} を得るために必要なパルス電流 I_p (直流電流 I_o) の値および直流バイアス電流 I_b の値が次第に大きくなって来る。したがって、このアラーム信号 ALM 2 によって、レーザーダ

イオードLDの劣化を判断することができる。

【0178】

ところで、レーザーダイオード駆動回路702において、レーザーダイオードLDに流れる電流成分のうち、レーザーダイオード劣化検出部DD2に入力される直流電流 I_{om} と直流バイアス電流 I_{bm} は、レーザーダイオードLDが劣化した場合、各電流制御系によって大きく変化する電流である。一方、第2のバイアス電流回路IB0から出力される直流バイアス電流 I_{b0} は、レーザーダイオードLDが劣化してもその値に大きな変化がない。このため、第2の直流バイアス電流 I_{b0} は、レーザーダイオードLDを劣化判断基準から除外されている。すなわち、第2の直流バイアス電流 I_{b0} またはこれに比例する電流は、レーザーダイオード劣化検出部DD2に入力されていない。この構成の結果、レーザーダイオード駆動回路702は、レーザーダイオードLDの劣化をより正確に検出できる。

【0179】

図21に示したレーザーダイオード駆動回路703は、パルス電流 I_p に対応して変化する信号、および、直流バイアス電流 I_b に対応して変化する信号を用いて、個別にレーザーダイオードLDの劣化を検出するものであり、図17に示したレーザーダイオード駆動回路502に対して、レーザーダイオードLDの劣化を検出するレーザーダイオード劣化検出部DD3（第4の検出部）およびレーザーダイオード劣化検出部DD4（第5の検出部）が付加された構成を有する。

【0180】

レーザーダイオード劣化検出部DD3は、コンパレータCOMP3と第4の基準電圧回路V-REF4-3から構成されている。コンパレータCOMP3の第1の入力端は、差動入力アンプA3の出力端に接続されており、コンパレータCOMP3の第2の入力端は、第4の基準電圧回路V-REF4-3の出力端に接続されている。そして、コンパレータCOMP3は、差動入力アンプA3の出力電圧信号の電位と、第4の基準電圧回路V-REF4-3から出力される第4の基準電圧 V_{r4-3} を比較し、比較結果をアラーム信号ALM3として出力する。

【0181】

このように構成されたレーザーダイオード劣化検出部DD3は、差動入力アンプA3の出力電圧信号の電位が、第4の基準電圧回路VREF4-3から出力される第4の基準電圧Vr4-3を上回ると、これを検出し、アラーム信号ALM3を出力する。このアラーム信号ALM3は、レーザーダイオードLDの劣化を示している。

【0182】

レーザーダイオード劣化検出部DD4は、コンパレータCOMP4と第4の基準電圧回路VREF4-4から構成されている。コンパレータCOMP4の第1の入力端は、第2の差動入力アンプA5の出力端に接続されており、コンパレータCOMP4の第2の入力端は、第4の基準電圧回路VREF4-4の出力端に接続されている。そして、コンパレータCOMP4は、第2の差動入力アンプA5の出力電圧信号の電位と、第4の基準電圧回路VREF4-4から出力される第4の基準電圧Vr4-4を比較し、比較結果をアラーム信号ALM4として出力する。

【0183】

このように構成されたレーザーダイオード劣化検出部DD4は、第2の差動入力アンプA5の出力電圧信号の電位が、第4の基準電圧回路VREF4-4から出力される第4の基準電圧Vr4-4を上回ると、これを検出し、アラーム信号ALM4を出力する。このアラーム信号ALM4は、レーザーダイオードLDの劣化を示している。

【0184】

レーザーダイオード駆動回路703は、パルス電流Ip（直流電流Io）の値に対応して変化する差動入力アンプA3の出力電圧信号を用いて、レーザーダイオードLDの劣化を検出し、さらに、直流バイアス電流Ibの値に対応して変化する第2の差動入力アンプA5の出力電圧信号を用いて、レーザーダイオードLDの劣化を検出する。したがって、より正確にレーザーダイオードLDの状態を把握することが可能となる。

【0185】

以上のように、本実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路 701, 702, 703 によれば、第 1～5 の実施の形態と同等の効果が得られるとともに、レーザーダイオード LD の劣化を正確に検出することが可能となる。

【0186】

添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる実施の形態に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0187】

例えば、第 1～7 の実施の形態において、電流スイッチ回路 CUR-SW に入力される送信信号 D は、図 22 に示すように、D タイプフリップフロップ D-F F を経由するようにしてもよい。これによって、送信信号 D の電流スイッチ回路 CUR-SW への入力タイミングは、クロック信号 CLK に同期することになる。

【0188】

また、第 1～7 実施の形態において、加算回路 ADD、第 1 の基準電圧回路 V-REF1、および差動入力アンプ A3 から成る回路部分（図 23（a））を、図 23（b）～（d）に示した回路に置き換えることが可能である。

【0189】

図 23（a）に示した回路において、加算回路 ADD は、第 1 のピークホールド回路 PH1 の出力信号と第 2 のピークホールド回路 PH2 の出力信号を加算して差動入力アンプ A3 の逆相入力端に与える。この差動入力アンプ A3 の出力の変化は、正相入力端と逆相入力端の変化に比例する。すなわち、差動入力アンプ A3 は、正相入力端に入力される信号（基準電圧回路 V-REF1 から出力される基準電圧 V_r ）と、逆相入力端に入力される信号（加算回路 ADD から出力される加算結果電圧信号）との減算結果を増幅して出力する機能を有するものである。

【0190】

図 23 (a) に示した差動入力アンプ A 3 の差動入力に対する出力電圧の変化分 ΔV_a は、式 (17) で表される。

【0191】

$$\Delta V_a = G (V_R - (V_1 + V_2)) \quad \dots (17)$$

【0192】

ここで、G は差動入力アンプ A 3 のゲインであり、 V_R は基準電圧回路 V-R E F 1 から出力される基準電圧 V_r であり、 V_1 は第 1 のピークホールド回路 P H 1 の出力信号の電位であり、 V_2 は第 2 のピークホールド回路 P H 2 の出力信号の電位である。

【0193】

図 23 (b) に示した回路は次の動作を行う。まず、加算回路 A D D b は、基準電圧回路 V-R E F 1 から出力される基準電圧 V_r (電位 V_R) から第 1 のピークホールド回路 P H 1 の出力信号の電位 V_1 と第 2 のピークホールド回路 P H 2 の出力信号の電位 V_2 を減じ、この結果をアンプ A b に与える。アンプ A b は、差動入力アンプ A 3 と同じゲイン G を有するものであり、加算回路 A D D b の演算結果を増幅して出力する。したがって、図 23 (b) に示したアンプ A b の出力電圧の変化分 ΔV_b は、式 (18) で表される。

【0194】

$$\Delta V_b = G (V_R - V_1 - V_2) \quad \dots (18)$$

【0195】

この式 (18) と上記の式 (17) から、変化分 ΔV_b と変化分 ΔV_a が一致することがわかる。

【0196】

図 23 (c) に示した回路は次の動作を行う。まず、加算回路 A D D c は、第 1 のピークホールド回路 P H 1 の出力信号の電位 V_1 と第 2 のピークホールド回路 P H 2 の出力信号の電位 V_2 の和から基準電圧回路 V-R E F 1 から出力される基準電圧 V_r (電位 V_R) を減じ、この結果をアンプ A c に与える。アンプ A c は、差動入力アンプ A 3 と同じゲイン G を有するものであり、加算回路 A D D c の演算結果を増幅して反転出力する。したがって、図 23 (c) に示したアン

プA c の出力電圧の変化分 $\Delta V c$ は、式 (19) で表される。

【0197】

$$\Delta V c = -G (V 1 + V 2 - V R) \quad \cdots (19)$$

【0198】

この式 (19) と上記の式 (17) から、変化分 $\Delta V c$ と変化分 $\Delta V a$ が一致することがわかる。

【0199】

図 23 (d) に示した回路は次の動作を行う。まず、加算回路 ADD d 1 は、基準電圧回路 V-REF d から出力される基準電圧信号の電位 $V R / 2$ から第 1 のピークホールド回路 PH 1 の出力信号の電位 $V 1$ を減じ、この結果を加算回路 ADD d 3 に与える。また、加算回路 ADD d 2 は、基準電圧回路 V-REF d から出力される基準電圧信号の電位 $V R / 2$ から第 2 のピークホールド回路 PH 2 の出力信号の電位 $V 2$ を減じ、この結果を加算回路 ADD d 3 に与える。加算回路 ADD d 3 は、加算回路 ADD d 1 の演算結果と加算回路 ADD d 2 の演算結果をさらに加算して、この結果をアンプ A d に与える。アンプ A d は、差動入力アンプ A 3 と同じゲイン G を有するものであり、加算回路 ADD d 3 の演算結果を増幅して出力する。したがって、図 23 (d) に示したアンプ A d の出力電圧の変化分 $\Delta V d$ は、式 (20) で表される。

【0200】

$$\Delta V d = G ((V R / 2 - V 1) + (V R / 2 - V 2)) \quad \cdots (20)$$

【0201】

図 23 (a) ~ 図 23 (d) に示した各回路が相互に置き換え可能であることは、以上の式 (17) ~ (20) から明らかである。

【0202】

図 23 (d) の基準電圧回路 V-REF d を、さらに、異なる基準電圧 $V R a$ と基準電圧 $V R b$ (ただし、 $V R = V R a + V R b$) を出力する 2 つの基準電圧回路に分離してもよい。この場合の具体回路例を図 27 に示す。第 1 のピークホールド回路 PH 1 の出力信号と第 2 のピークホールド回路 PH 2 の出力信号との減算動作を行う加算回路 ADD d 1 および加算回路 ADD d 2 はそれぞれ、差動

電圧入力差動電流出力形式の回路で実現可能である。また、加算回路 A D D d 3 として、加算回路 A D D d 1 が出力する正相差動電流と加算回路 A D D d 2 が出力する正相差動電流をワイヤードオアによって加算し、加算回路 A D D d 1 が出力する逆相差動電流と加算回路 A D D d 2 が出力する逆相差動電流をワイヤードオアによって加算する回路構成を採用することができる。さらに、加算回路 A D D d 3 は、加算した電流をそれぞれ抵抗に流して電圧に変換する機能を有する。この結果、加算回路 A D D d 1 の演算結果と加算回路 A D D d 2 の演算結果は、加算回路 A D D d 3 において加算されることになる。以上のように、図 23 (d) に示した演算回路は、図 27 に示したような非常にシンプルな回路構成で実現される。

【0203】

第 1～7 の実施の形態における第 2 の基準電圧回路 V-R E F 2 と差動入力アンプ A 5 から成る回路部分も同様に他の回路への置き換えが可能である。また、第 3 の基準電圧回路 V-R E F 3 と差動入出力アンプ A 2-2 から成る回路部分も同様に他の回路への置き換えが可能である。

【0204】

第 1～7 実施の形態において、図 24 (a), (b) に示すように、第 1 のピークホールド回路 P H 1 および第 2 のピークホールド回路 P H 2 を、第 1 のボトムホールド回路 B H 1 および第 2 のボトムホールド回路 B H 2 に置き換えることができる。第 1 のボトムホールド回路 B H 1 は、差動出力アンプ A 2 が出力する正相電圧信号のボトム電位をホールドし、第 2 のボトムホールド回路 B H 2 は、差動出力アンプ A 2 が出力する逆相電圧信号のボトム電位をホールドする。

【0205】

また、図 24 (a), (c) に示すように、第 1 のピークホールド回路 P H 1, 第 2 のピークホールド回路 P H 2, および加算回路 A D D を、第 1 のピークホールド回路 P H 1, 第 1 のボトムホールド回路 B H 1, および加算回路 A D D p b に置き換えることができる。この場合、第 1 のピークホールド回路 P H 1 と、第 1 のボトムホールド回路 B H 1 のレベルシフト特性等を合わせておく必要がある。同様にして、第 1 のピークホールド回路 P H 1, 第 2 のピークホールド回路

PH2, および加算回路ADDを, 第2のピークホールド回路PH2, 第2のボトムホールド回路BH2, および加算回路ADDpbに置き換えることも可能である。

【0206】

第1の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路101やレーザーダイオード駆動回路102のように, 電流出力回路IPCONTとバイアス電流回路IBCONTの一方のみを制御するレーザーダイオード駆動回路は, レーザーダイオードLDの光出力Ponの振幅情報を検出すればよい。したがって, 差動出力アンプA2を図25のように構成することができる。

【0207】

すなわち, 差動出力アンプA2は, 差動入出力アンプA2c, キャパシタCc, 直流バイアス電圧出力部DCB, およびピークホールド回路PHcから構成される。

【0208】

キャパシタCcは, 前段回路から供給された信号の直流成分をカットして, パルス成分のみを差動入出力アンプA2cの第1入力端に与える。直流バイアス電圧出力部DCBは, 差動入出力アンプA2cの第1入力端に適宜なインピーダンスを介して直流バイアス電圧を供給する。ピークホールド回路PHcは, 差動入出力アンプA2cの第1入力端のピーク電圧値を検出して, この値を差動入出力アンプA2cの第2入力端に供給する。

【0209】

以上のように構成された差動出力アンプA2のノードNAcにおける直流電位は, ここを通過するパルス信号の1/0の比率に応じて変動する(図26)。ノードNAcの直流電位の変動にノードNBcの直流電位の変動が追従するように, ピークホールド回路PHcの放電時定数を通過パルス信号の幅より十分大きく, かつ, ノードNAcの変動時定数より十分小さく設定することが好ましい。

【0210】

また, 先に, 基準電圧回路VREF3が出力する直流バイアス電圧の電源依存特性と温度依存特性を, プリアンプ部PAが出力する直流バイアス電圧の電源

依存特性と温度依存特性に合わせることにについて説明したが、この点、他の基準電圧回路の出力についても、直流バイアス電圧+変化分となる。したがって、同様に、全ての基準電圧回路（例えば、基準電圧回路V-R E F 1, 基準電圧回路V-R E F 2）が出力する直流バイアス電圧の電源依存特性と温度依存特性を、比較対象となる回路（例えば、第1のピークホールド回路P H 1, 第2のピークホールド回路P H 2, および加算回路A D Dから成る回路）が出力する直流バイアス電圧の電源依存特性と温度依存特性に合わせることが好ましい。

【0211】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、回路を構成する増幅部のオフセット電圧に影響を受けることなく、発光素子の駆動電流を適切に制御することが可能となる。また、発光素子がバースト信号の伝送に用いられる場合であっても、当該発光素子の駆動を高い精度で制御することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レーザーダイオードの駆動電流と光出力との関係を示す特性図である。

【図2】 本発明の第1の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図3】 図2のレーザーダイオード駆動回路に属するプリアンプ部の内部構成（その1）を示す回路図である。

【図4】 図2のレーザーダイオード駆動回路に属するプリアンプ部の内部構成（その2）を示す回路図である。

【図5】 図2のレーザーダイオード駆動回路に属する差動出力アンプの入力電圧と出力電圧との関係（その1）を示す特性図である。

【図6】 直流バイアス電流が発光スレシヨルド電流より大きい場合のレーザーダイオードの駆動電流と光出力との関係を示す特性図である。

【図7】 図2のレーザーダイオード駆動回路に属する差動出力アンプの入力電圧と出力電圧との関係（その2）を示す特性図である。

【図8】 図2のレーザーダイオード駆動回路の変形例を示すブロック図で

ある。

【図 9】 図 2 のレーザーダイオード駆動回路に属する差動出力アンプの内部構成を示す回路図である。

【図 10】 本発明の第 2 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 11】 図 10 のレーザーダイオード駆動回路の変形例を示すブロック図である。

【図 12】 図 11 のレーザーダイオード駆動回路に属する差動出力アンプの入力電圧と出力電圧との関係を示す特性図である。

【図 13】 本発明の第 3 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 14】 本発明の第 4 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 15】 図 14 のレーザーダイオード駆動回路の変形例を示すブロック図である。

【図 16】 本発明の第 5 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 17】 図 16 のレーザーダイオード駆動回路の変形例を示すブロック図である。

【図 18】 本発明の第 6 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 19】 本発明の第 7 の実施の形態にかかるレーザーダイオード駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図 20】 図 19 のレーザーダイオード駆動回路の変形例（その 1）を示すブロック図である。

【図 21】 図 19 のレーザーダイオード駆動回路の変形例（その 2）を示すブロック図である。

【図 22】 電流スイッチ回路の入力構成を示すブロック図である。

【図 23】 加算回路、第 1 の基準電圧回路、および差動入力アンプから成

る回路部分と互換性を有する回路の構成図である。

【図 2 4】 第 1 のピークホールド回路および第 2 のピークホールド回路と互換性を有する回路の構成図である。

【図 2 5】 差動出力アンプの構成例を示すブロック図である。

【図 2 6】 図 2 5 の差動出力アンプの動作を示す波形図である。

【図 2 7】 図 2 3 (d) の回路の具体例を示す図である。

【符号の説明】

L O 1 : レーザーダイオード駆動回路

P o n : 光出力

I o n : 発光オン電流

I t h : 発光スレショルド電流

I b : 直流バイアス電流

I p : パルス電流

I l d : 駆動電流

L B m : モニタ用レーザー光

L B f : 通信用レーザー光

L D : レーザーダイオード

I o : 直流電

P D : フォトダイオード

P A : プリアンプ部

A 1 : 交流信号アンプ

A 2 : 差動出力アンプ

P H 1 : 第 1 のピークホールド回路

P H 2 : 第 2 のピークホールド回路

A D D : 加算回路

V - R E F 1 : 基準電圧回路

A 3 : 差動入力アンプ

I P C O N T : 電流出力回路

I B : バイアス電流回路

I B C O N T : バイアス電流回路

I P : 電流出力回路

C U R - S W : 電流スイッチ回路

V r : 基準電圧

T C : 時定数回路

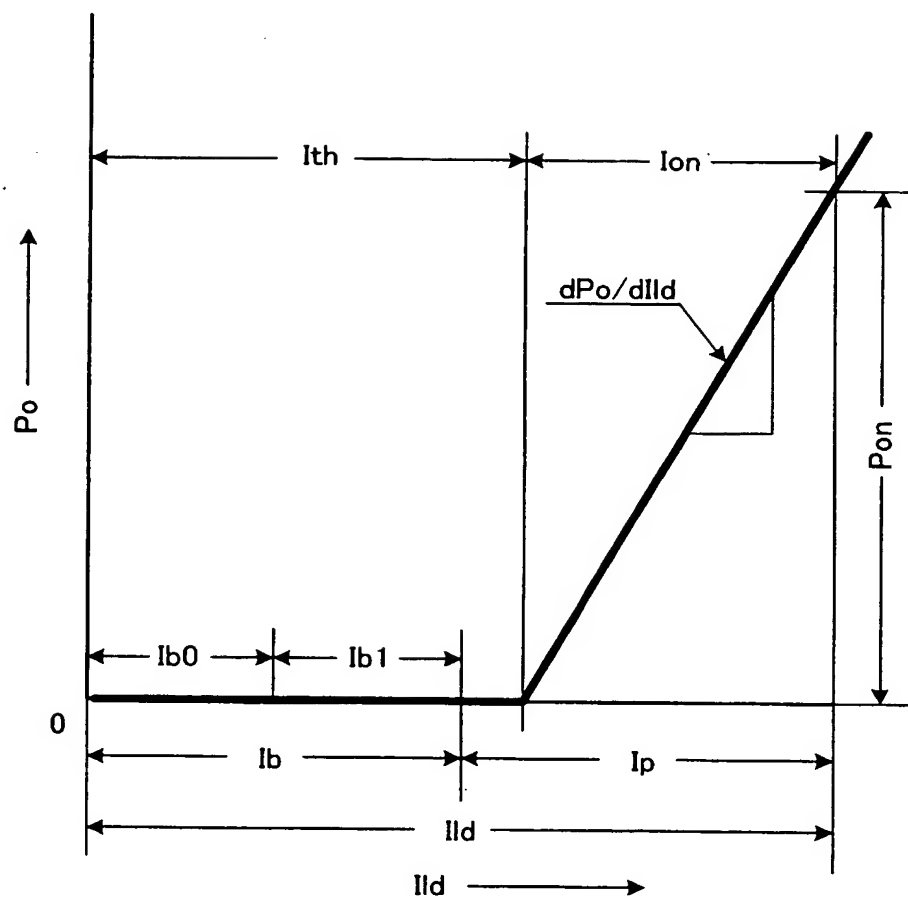
D D 1 : レーザダイオード劣化検出部

C O M P 1 : コンパレータ

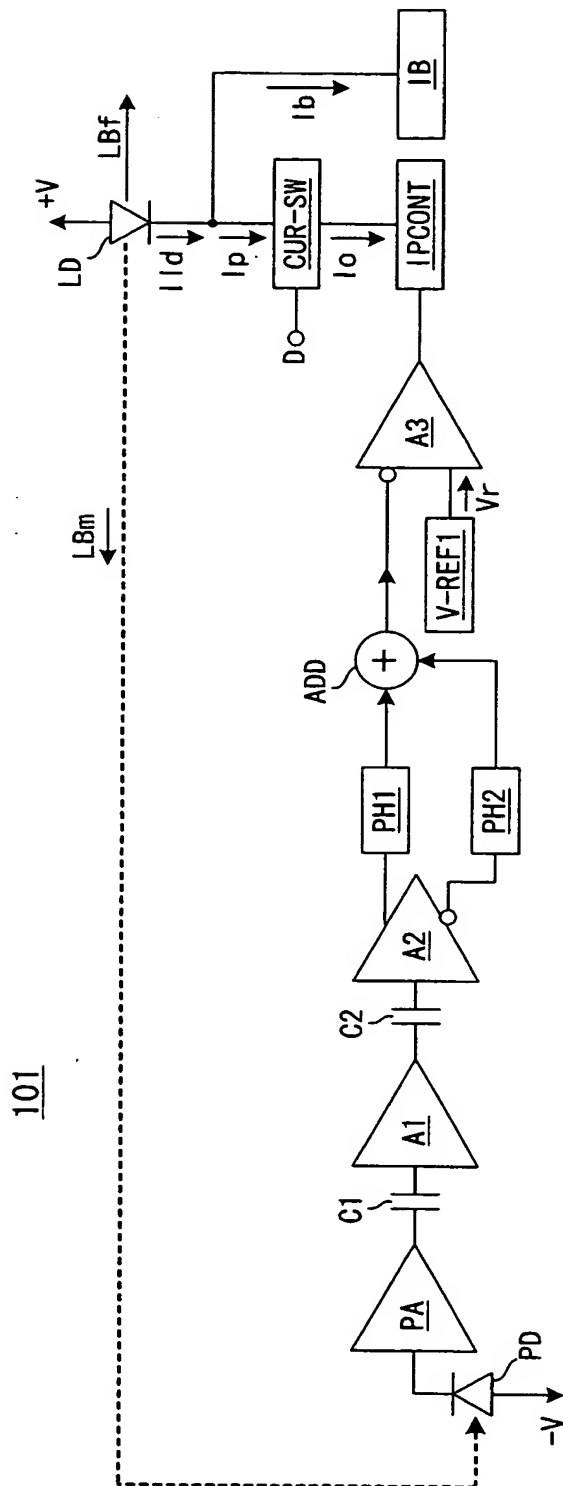
【書類名】

図面

【図 1】

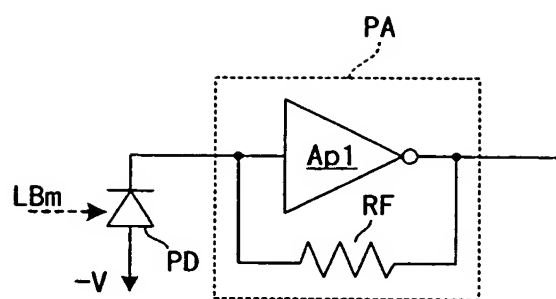


【図 2】

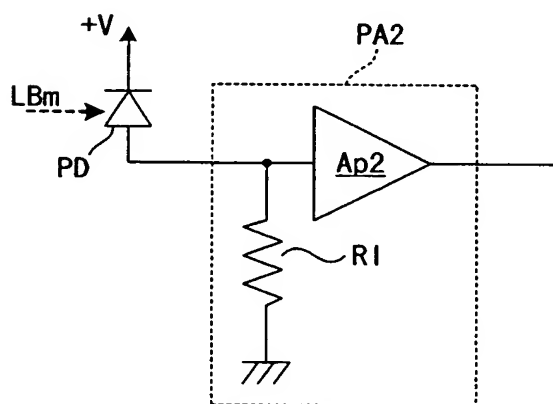


101

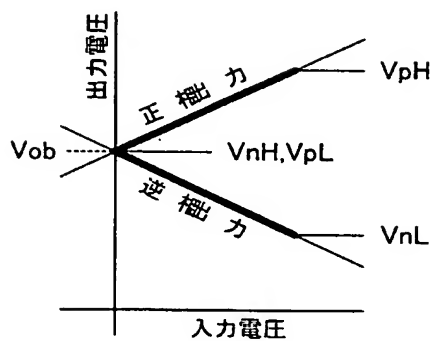
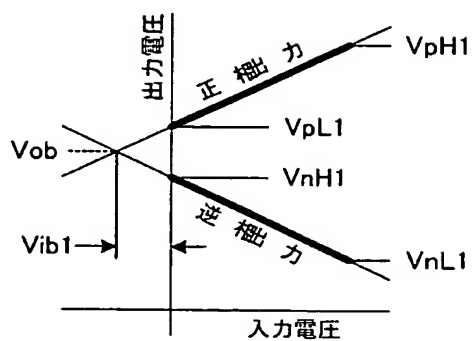
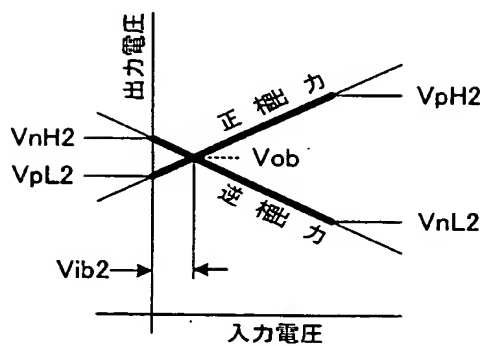
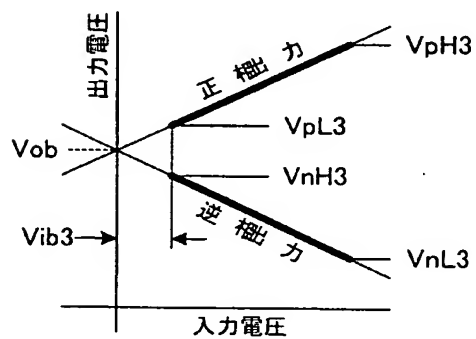
【図 3】



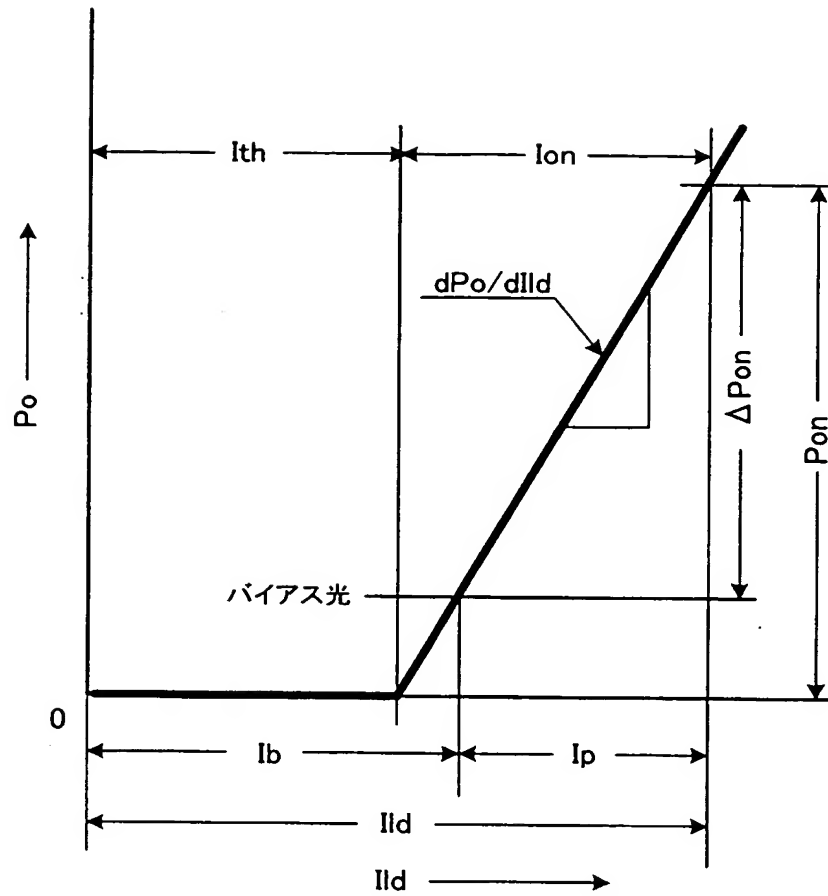
【図 4】



【図 5】

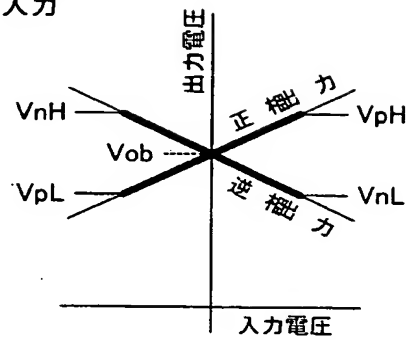
(a) オフセットゼロ, $I_b < I_{th}$ (b) プラスオフセット, $I_b < I_{th}$ (c) マイナスオフセット, $I_b < I_{th}$ (d) オフセットゼロ, $I_b > I_{th}$ 

【図 6】

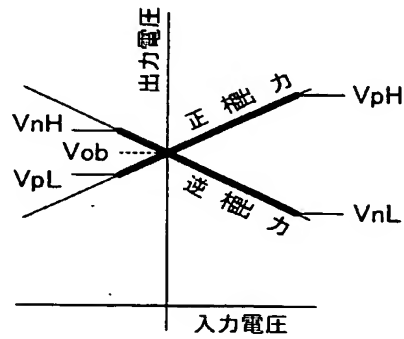


【図 7】

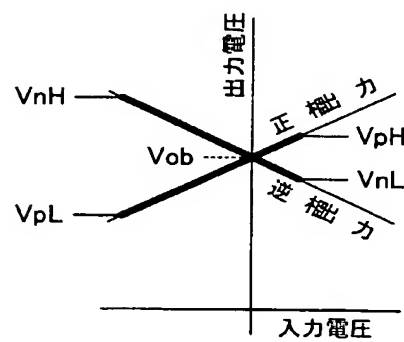
- (a) オフセットゼロ
"1/0"同比率
C結合入力



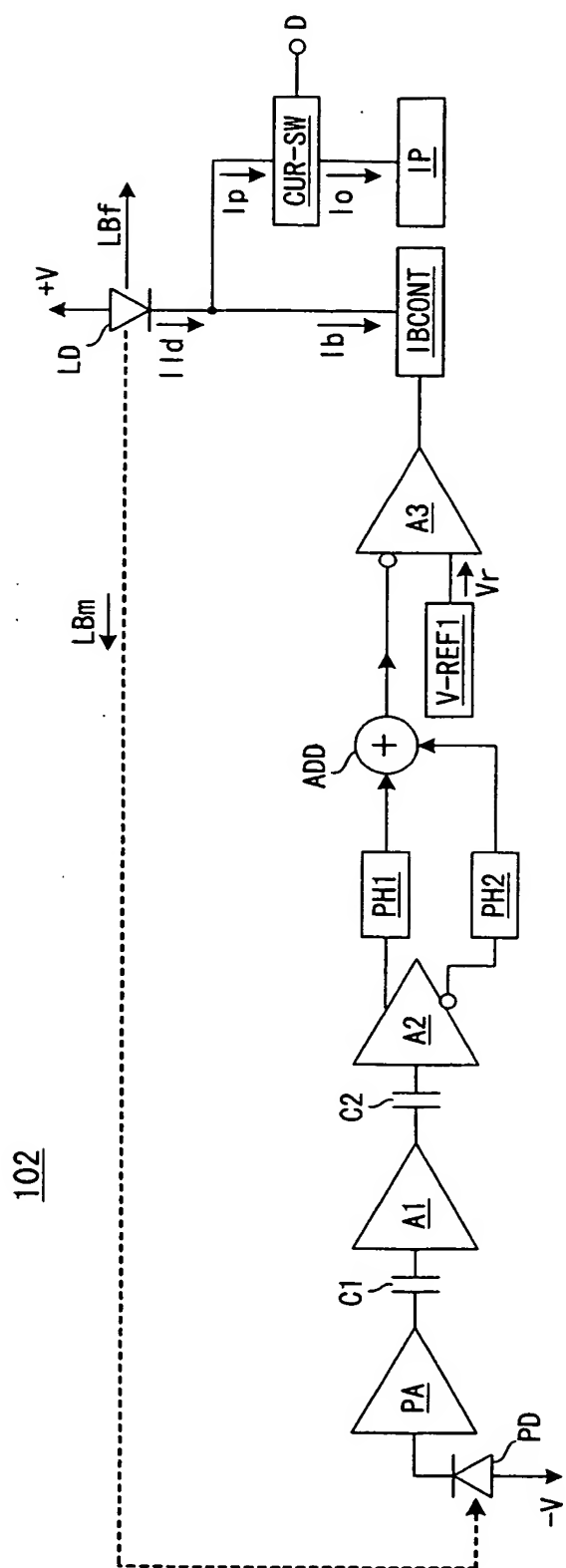
- (b) オフセットゼロ
C結合入力



- (c) オフセットゼロ
C結合入力

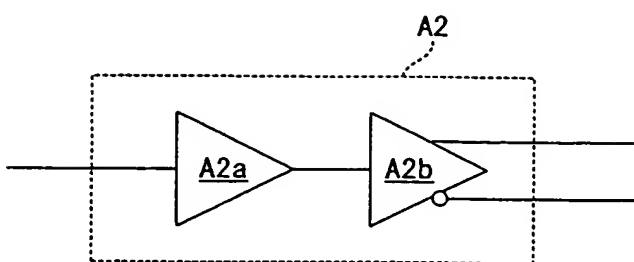


【図 8】

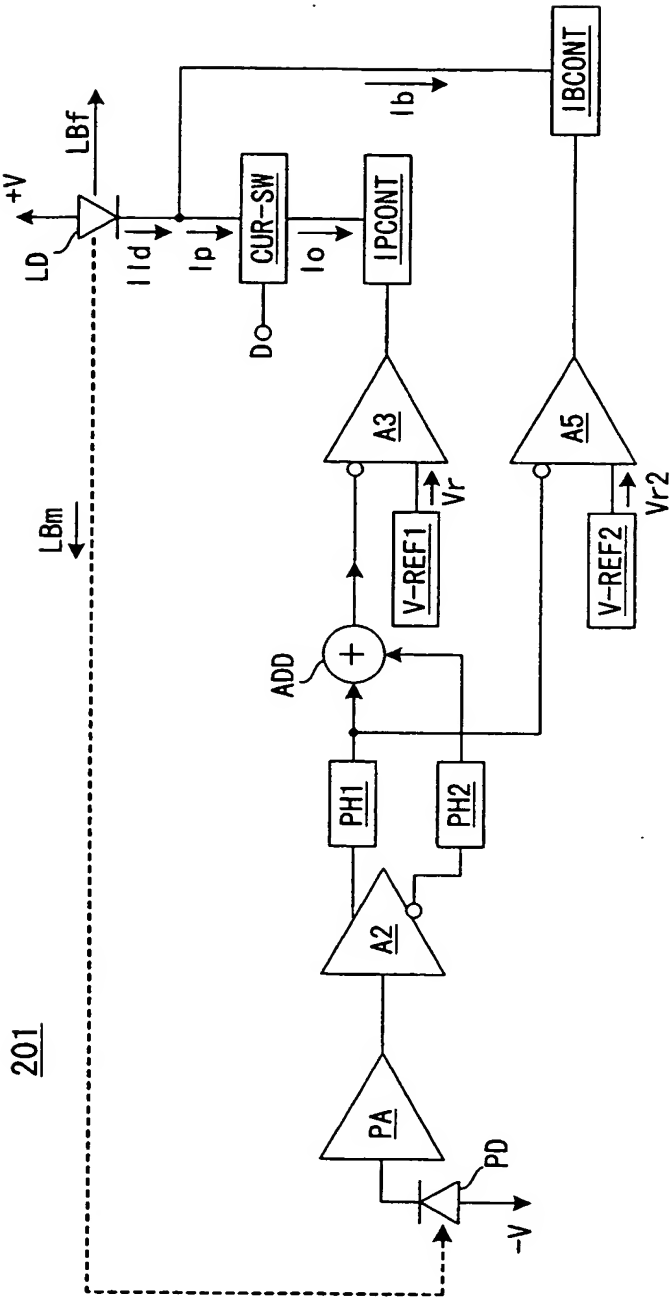


102

【図 9】

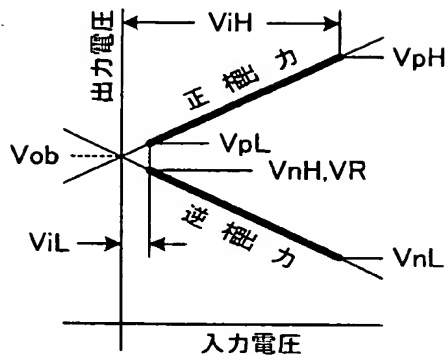
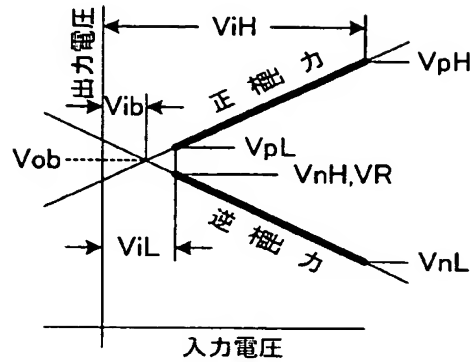
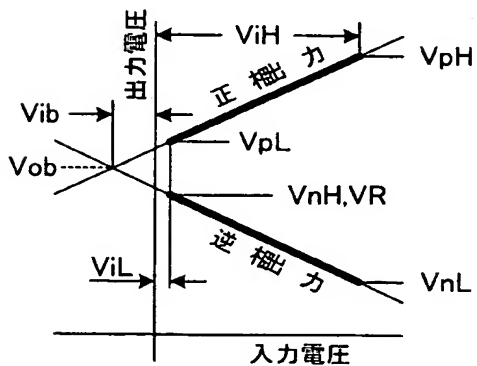
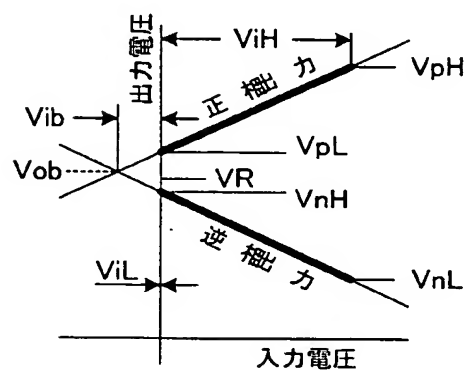


【図 10】

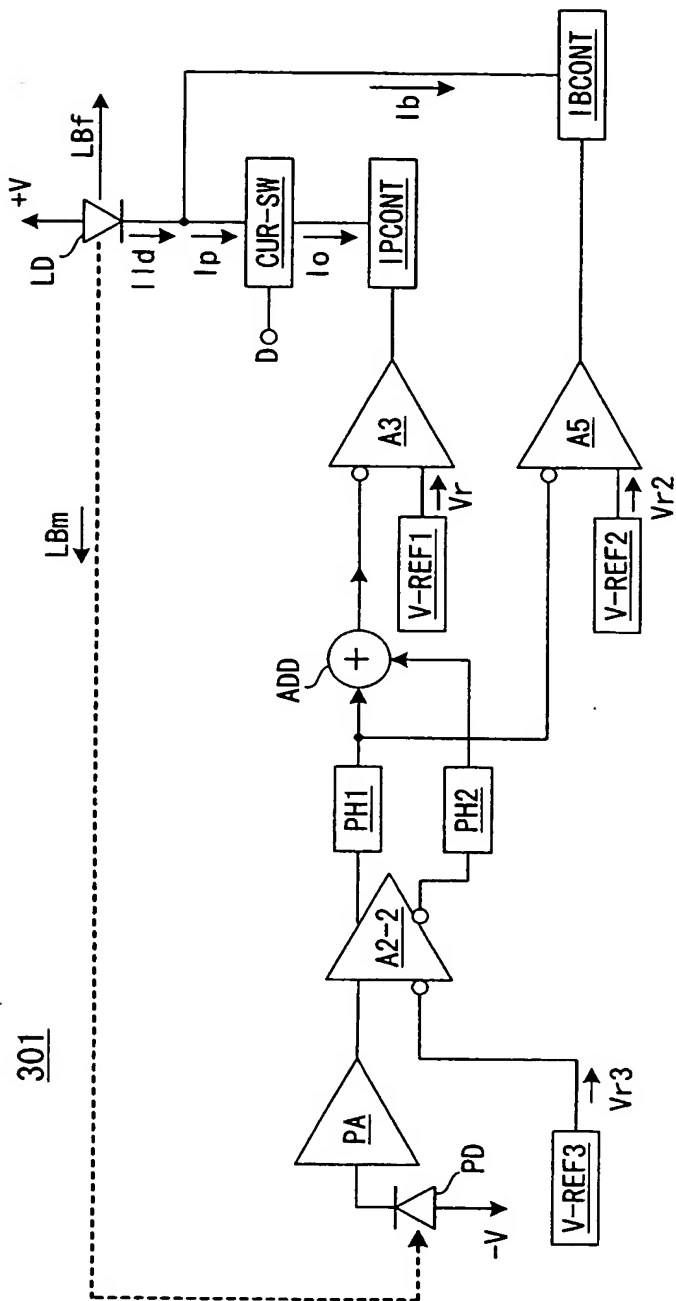


201

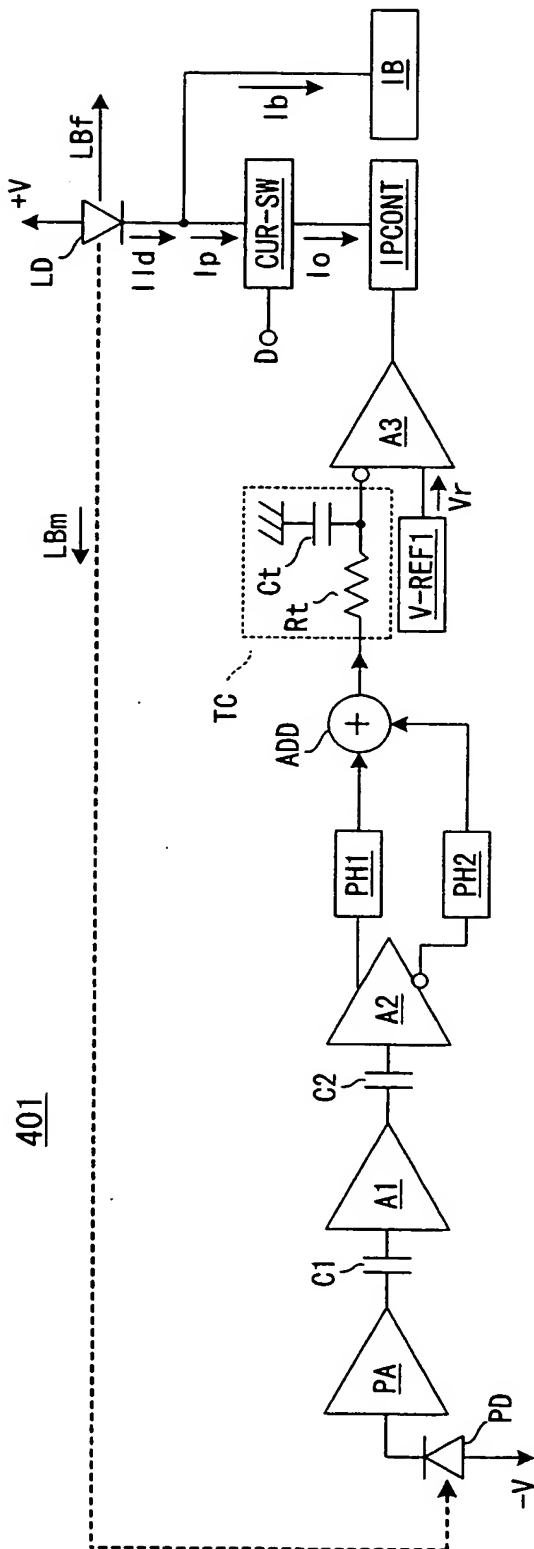
【図 12】

(a) オフセットゼロ
 $I_b \equiv I_{th} (I_b > I_{th})$ (b) マイナスオフセット
 $I_b > I_{th}$ (c) プラスオフセット
 $I_b > I_{th}$ (VRが低い場合)(d) プラスオフセット
 $I_b = 0$ (VRが高い場合)

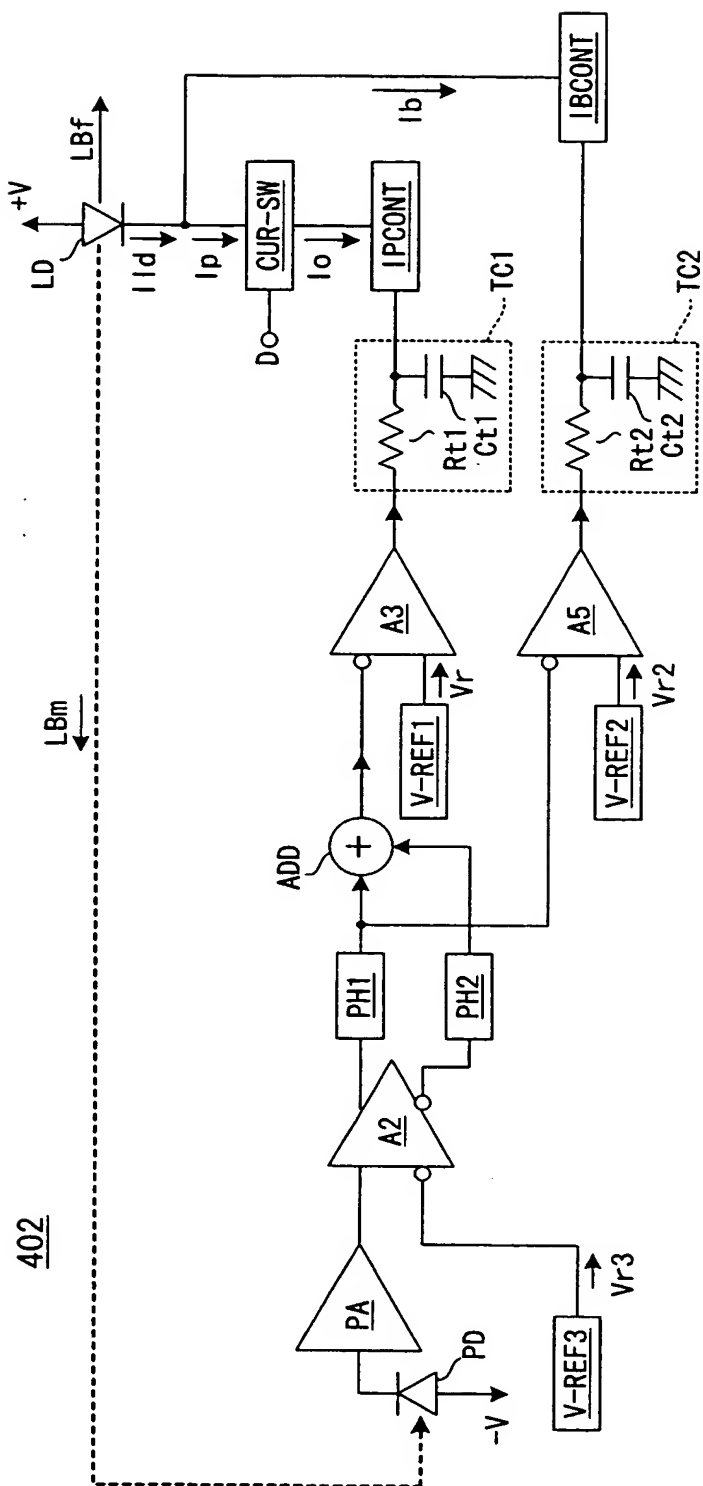
【図 13】



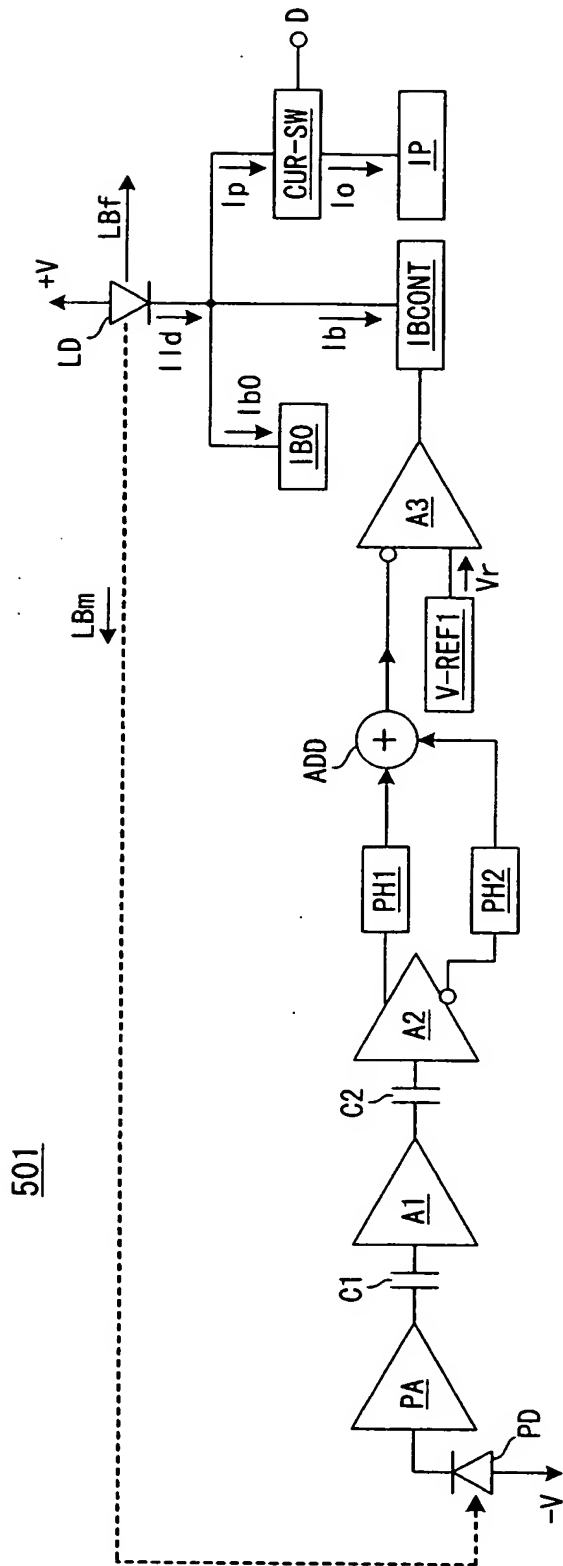
【図 14】



【図 15】

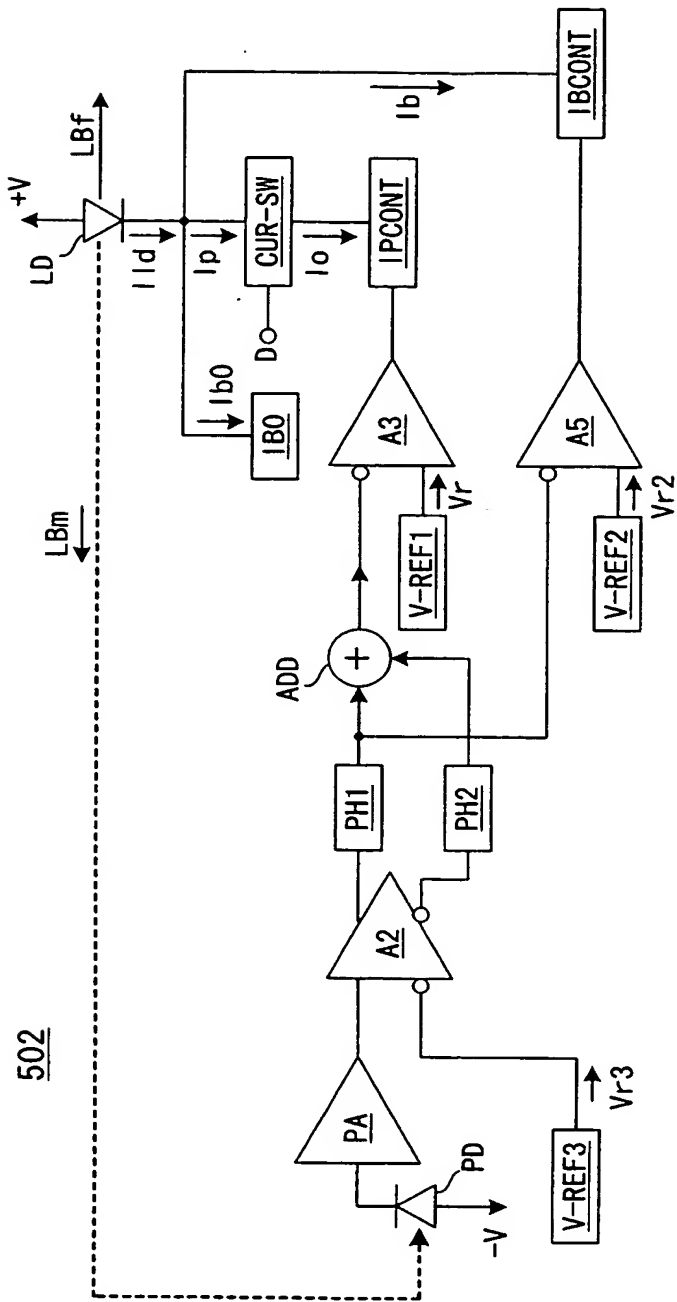


【図 16】



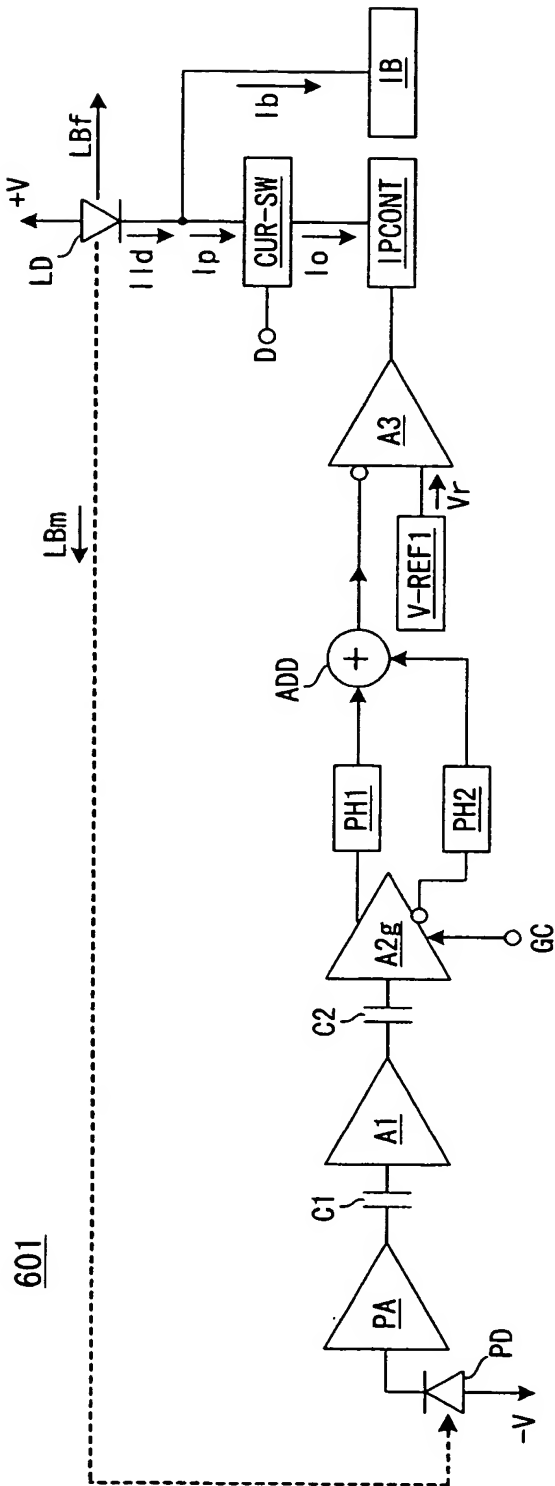
501

【図 17】

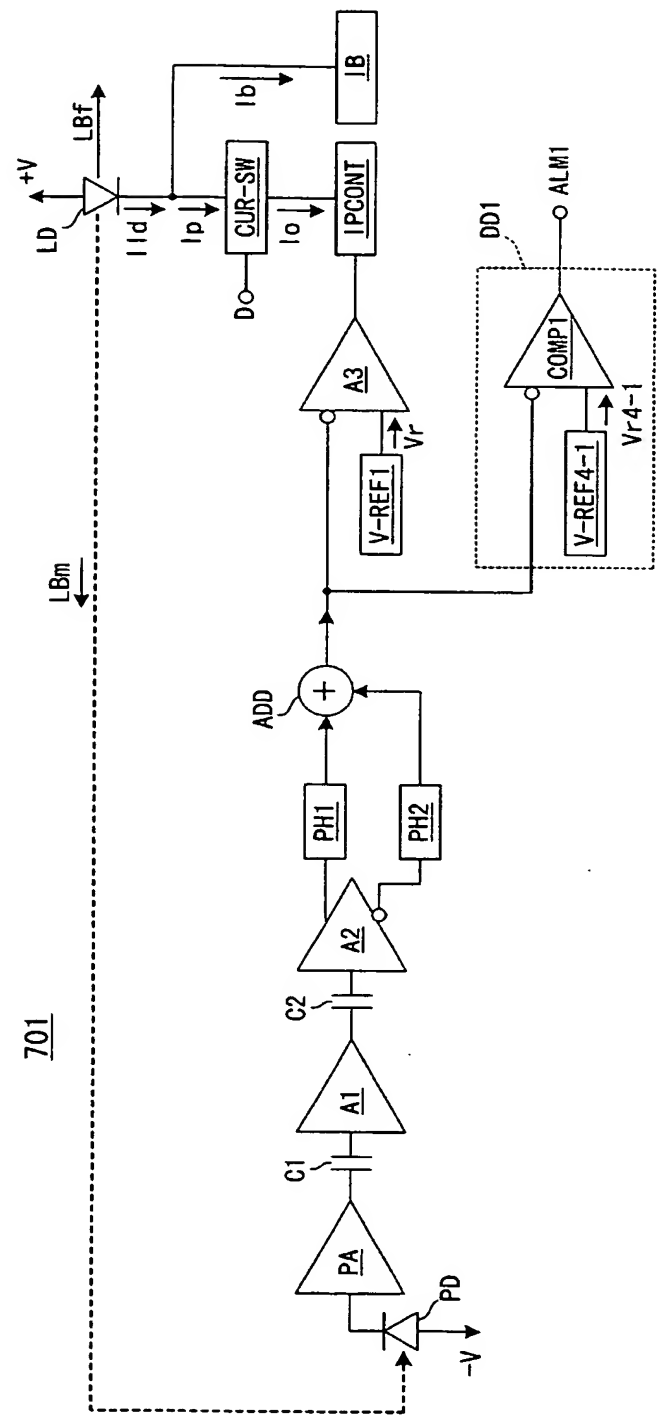


502

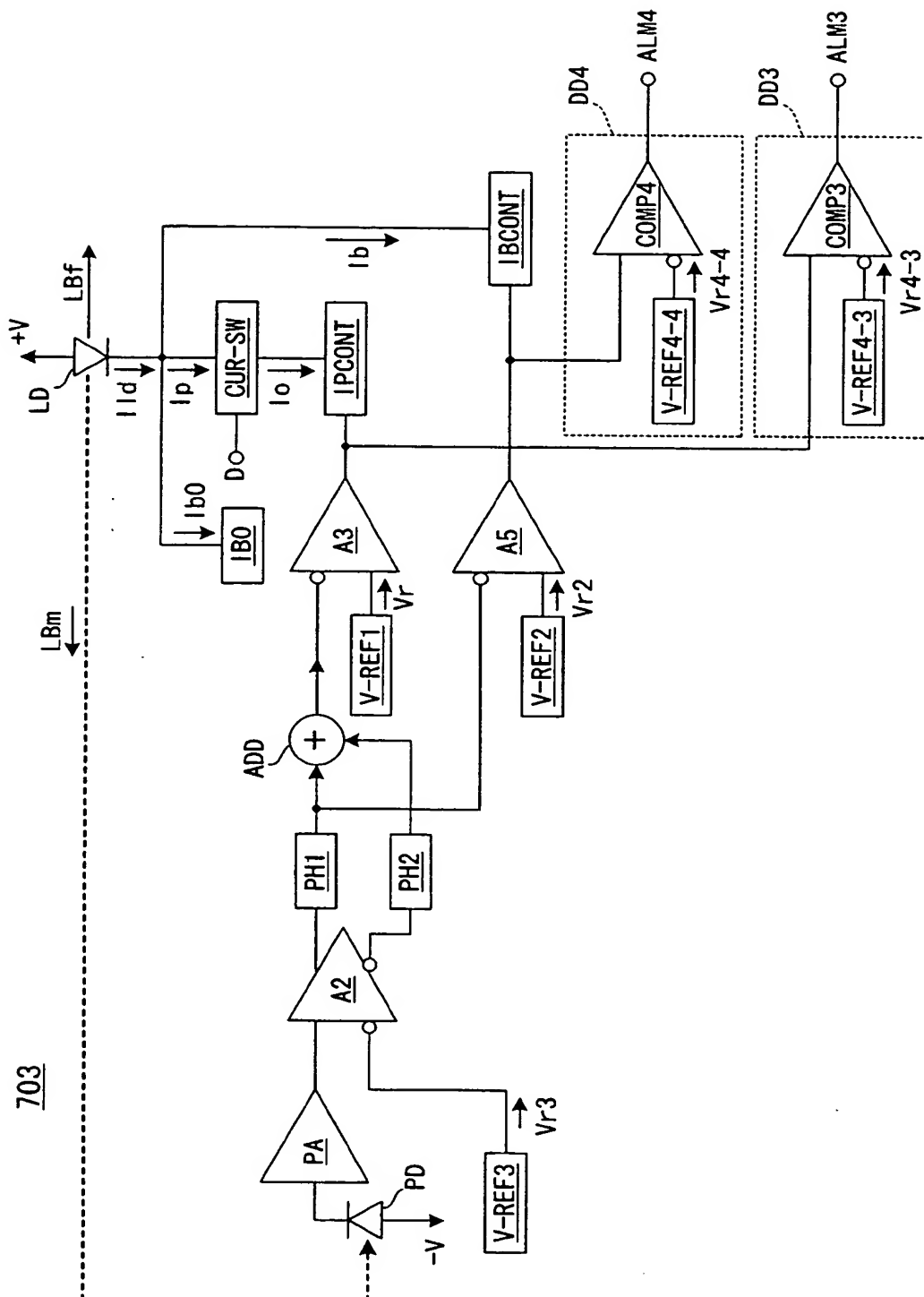
【図 18】



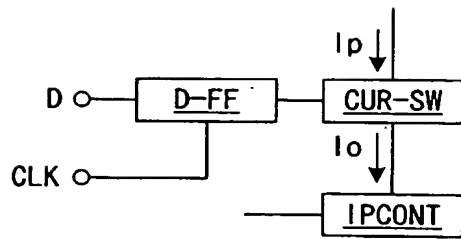
【図 19】



【図 21】

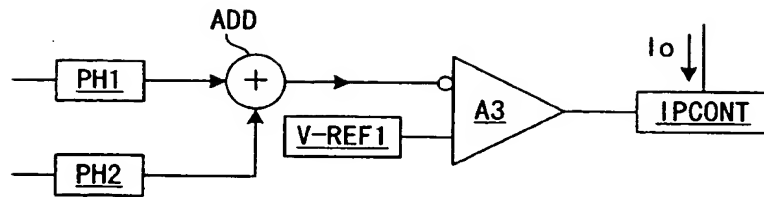


【図 22】

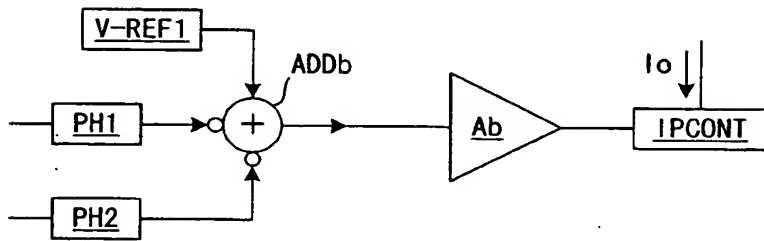


【図 23】

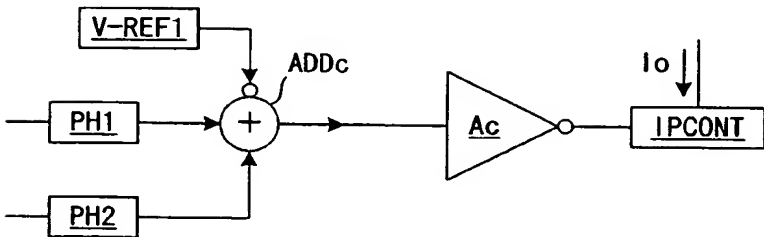
(a)



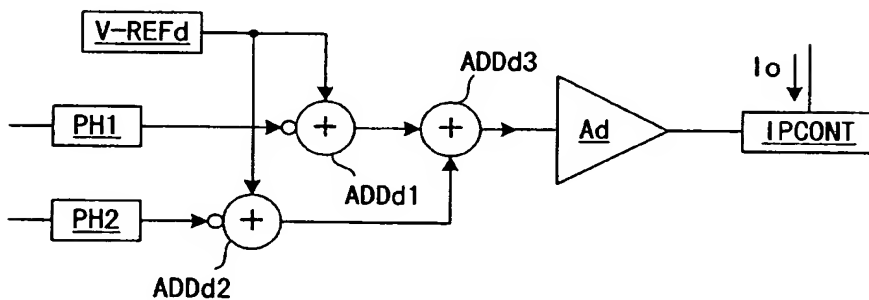
(b)



(c)

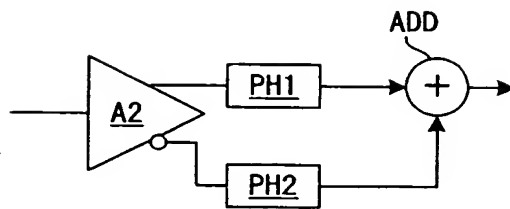


(d)

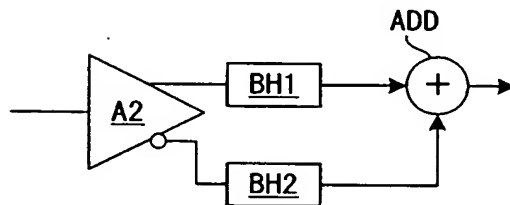


【図 2 4】

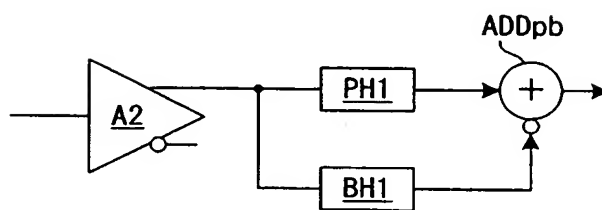
(a)



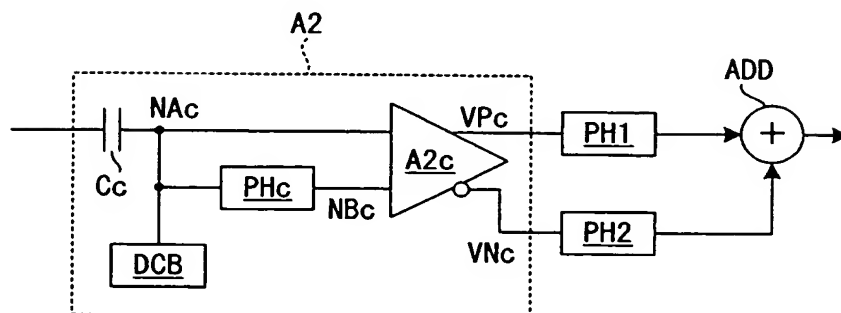
(b)



(c)

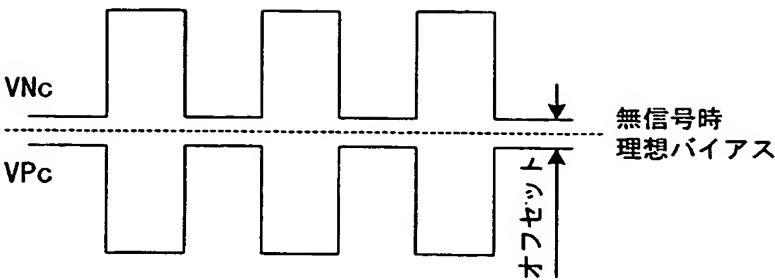


【図 2 5】

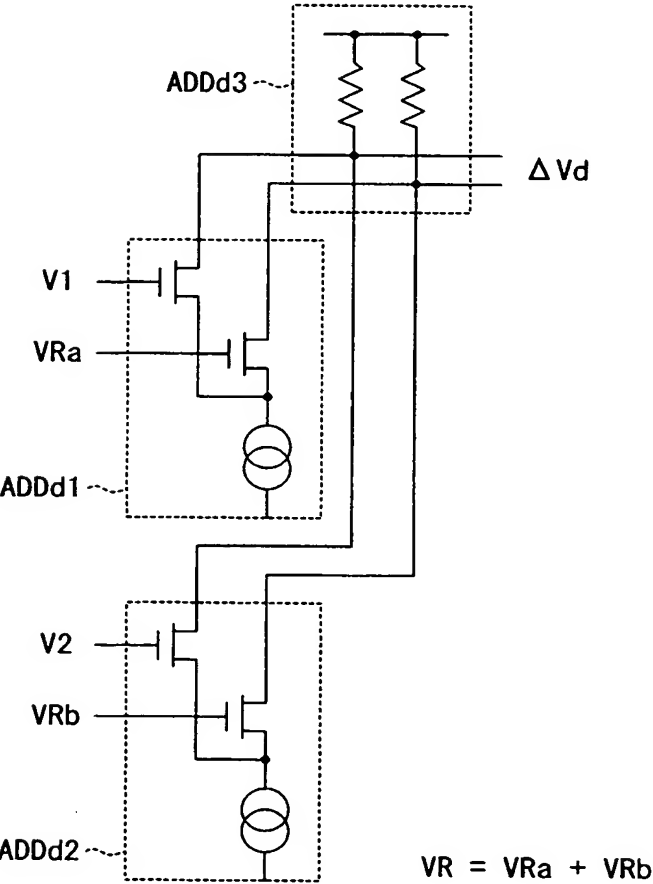




【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回路を構成するオペアンプがオフセット電圧を有する場合であっても、発光素子の駆動電流を適切に制御する発光素子駆動装置を提供する。

【解決手段】 第1のピークホールド回路PH1は、差動出力アンプA2が出力する正相電圧信号のピーク電位をホールドし、第2のピークホールド回路PH2は、差動出力アンプA2が出力する逆相電圧信号のピーク電位をホールドする。加算回路ADDは、第1のピークホールド回路の出力信号と第2のピークホールド回路の出力信号を加算する。差動入力アンプA3は、基準電圧 V_r と加算回路の加算結果電圧信号との差の電圧を増幅して出力する。電流出力回路IPCONTは、差動入力アンプA3の出力電圧に応じた直流電流 I_o を出力する。電流スイッチ回路CUR-SWは、直流電流 I_o をパルス電流 I_p に変換し、レーザーダイオードLDに供給する。

【選択図】 図2



職権訂正履歴 (職権訂正)

特許出願の番号	特願 2003-198030
受付番号	50301181688
書類名	特許願
担当官	末武 実 1912
作成日	平成 15 年 7 月 22 日

<訂正内容 1>

訂正ドキュメント

明細書

訂正原因

職権による訂正

訂正メモ

【図面の簡単な説明】の欄の【図 2 4】を行頭訂正します。

訂正前内容

【図面の簡単な説明】

【図 2 3】 加算回路，第 1 の基準電圧回路，および差動入力アンプから成る回路部分と互換性を有する回路の構成図である。 【図 2 4】 第 1 のピークホールド回路および第 2 のピークホールド回路と互換性を有する回路の構成図である。

【図 2 5】 差動出力アンプの構成例を示すブロック図である。

訂正後内容

【図面の簡単な説明】

【図 2 3】 加算回路，第 1 の基準電圧回路，および差動入力アンプから成る回路部分と互換性を有する回路の構成図である。

【図 2 4】 第 1 のピークホールド回路および第 2 のピークホールド回路と互換性を有する回路の構成図である。

【図 2 5】 差動出力アンプの構成例を示すブロック図である。

特願 2003-198030

出願人履歴情報

識別番号

[000000295]

1. 変更年月日

1990年 8月22日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

氏 名

沖電気工業株式会社